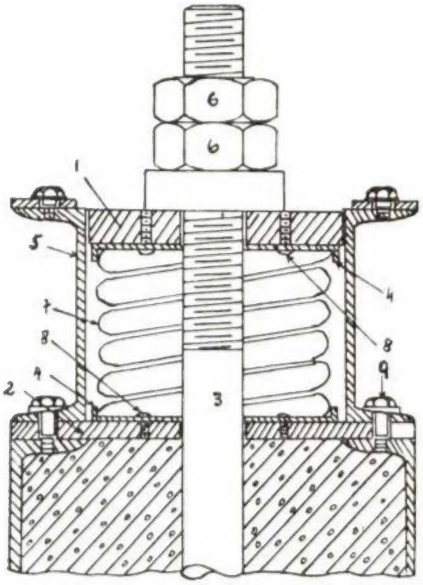
As molas são de suspensão [1]. Cada amortecedor é montado numa caixa de perfis de aço soldado, como se indica na fig. 5. As dimensões interiores da caixa são 248 × 248 mm. Sobre as molas assenta um disco através do qual passa o parafuso de suspensão.



1 — Prato de pressão superior
2 — Prato de pressão inferior
3 — Parafuso de suspensão
4 — Dique guia inferior
5 — Caixa metálica
6 — Porcas de aperto e regulação
7 — Mola
8 — Parafuso de ligação do dique do prato
9 — Parafuso de ligação da caixa do prato

Fig. 5 — Pormenor de amortecedor de molas

6.2 — Disposições construtivas

A ordem de construção duma fundação com amortecedores de molas é a seguinte:

1 — Betonagem do bloco inferior da fundação e paredes.
2 — Colocação de 2 ou 3 camadas de cartão betuminoso sobre a face superior do bloco de fundação inferior.
3 — Montagem do quadro metálico que suporta o bloco superior da fundação.
4 — Montagem dos amortecedores, sem apertar as molas.
5 — Betonagem do bloco superior da fundação.
6 — Montagem da máquina sobre o bloco superior, quando o betão desta tiver atingido as condições requeridas.
7 — Elevação do bloco superior, por aperto dos parafusos de suspensão.
A distância entre os 2 blocos deve ser de 1 a 1,5 cm.
8 — Protecção dos amortecedores com blindagens metálicas desmontáveis.

7 — ESFORÇOS NA BASE DUMA FUNDAÇÃO POR ACÇÃO DE CHOQUES HORIZONTAIS

As equações do movimento dum bloco de fundação sujeito a choques horizontais aplicados segundo um dos planos verticais principais de inércia da fundação são: [3]

$$M\ddot{x} + C_\tau A (x - L\varphi) = 0$$
$$M_m\ddot{\varphi} - C_\tau A L x + (C_\varphi I - WL + C_z AL^2)\varphi = 0 \qquad (32)$$

sendo:

x — projecção horizontal do deslocamento do centro de gravidade da fundação;
φ — ângulo de rotação da fundação em torno do eixo horizontal perpendicular à direcção do choque, que passa pelo centro de gravidade do conjunto;
m — massa da fundação e da máquina;
W — peso da fundação e da máquina;
C_τ, C_φ — coeficientes de corte elástico uniforme e de compressão não uniforme do solo;
A — Área da base da fundação;
I — momento de inércia da área da base da fundação em relação ao eixo horizontal que passa pelo seu centro e é normal ao plano das vibrações;
M_m — momento de inércia da massa da fundação e da máquina em relação ao eixo horizontal que passa pelo centro de gravidade do conjunto e é normal ao plano das vibrações;
L — distância do centro de gravidade do conjunto ao centro da base.

As condições iniciais deste movimento são:

$$t = 0 \begin{cases} x = \varphi = 0 \\ \dot{x} = \dot{x}_0 ; \dot{\varphi} = \dot{\varphi}_0 \end{cases}$$

sendo x'_0 e φ'_0 dadas pelas eq. (6) e (7). A solução das eq. (32) é então:

$$x = \frac{1}{f_1^2 - f_2^2} \left(\frac{f_x^2 \dot{x}_{oc} - f_2^2 \dot{x}_0}{f_1} \operatorname{sen} f_1 t - \frac{f_x^2 \dot{x}_{oc} - f_1^2 \dot{x}_0}{f_2} \operatorname{sen} f_2 t \right) \tag{33}$$

$$\varphi = \frac{1}{f_x^2 (f_1^2 - f_2^2)} \left[\frac{(f_x^2 - f_1^2)(f_x \dot{x}_{oc} - f_2^2 \dot{x}_0)}{f_1} \operatorname{sen} f_1 t - \frac{(f_x^2 - f_2^2)(f_x^2 \dot{x}_{oc} - f_1^2 \dot{x}_0)}{f_2} \operatorname{sen} f_2 t \right]$$

Sendo:

f_x — frequência própria das oscilações de corte puro

f_1, f_2 — frequências próprias da fundação

$\dot{x}_{oc}$ — velocidade inicial do centro da base:

$$\dot{x}_{oc} = \dot{x}_0 - L \dot{\varphi}_0$$

A partir dos valores de x e φ, determinam-se fàcilmente as tensões dinâmicas que se desenvolvem na base da fundação, por efeito do choque. Assim, no bordo da base da fundação, a compressão dinâmica será:

$$\sigma_\varphi = - C_\varphi \cdot b \cdot \varphi$$

sendo $2b$ o comprimento da base da fundação.

8. FUNDAÇÃO DE GRANDES MARTELOS PARA QUEBRAR FERRO

8.1 — Generalidades

Empregam-se frequentemente em metalurgia martelos de grande potência destinados a quebrar ferro sob a forma de sucata, barras ou blocos. Estes martelos são caracterizados pela grande energia cinética adquirida pelo pilão. Enquanto em martelos de forja de duplo efeito, com pilões de 5 ton, a energia cinética no instante do choque não excede 10 a 12 ton.m, nos martelos em referência, esta energia atinge o valor de 150 ton.m. Estas máquinas constituem pois fontes de vibrações de grande intensidade, pelo que devem ser colocadas a boa distância de outras máquinas ou instalações. Esta distância depende das propriedades do solo, da potência do martelo e das amplitudes de oscilações admissíveis nas outras máquinas ou instalações.

Apresenta-se no quadro 3 valores correntes daquela distância, em função das características do solo e da potência do martelo.

QUADRO 3

Afastamento mínimo entre os martelos de quebrar ferro e outras máquinas ou instalações

Tipo de solo	Afastamento mínimo dos martelos, em *m*, para os pilões de peso:		
	Até 3 ton	3 a 7 ton	Superior a 7 ton
Argilas plásticas, argilas com alguma areia e areia húmida	30	50	70
Areias, argilas, argilas arenosas, saturadas	30	50	70
Terrenos pantanosos	50	80	100
Solos secos arenosos, argilas duras, argilas com areia e silte, loess, areolas	30	40	60
Rochas	20	30	50

8.2 — Concepção e cálculo das fundações

A forma tradicional das fundações das máquinas deste tipo era a de grandes maciços de betão, conforme se indica na fig. 6, que representa a fundação de um martelo com um pilão de 10 ton e uma altura de queda de 30 m.

Verifica-se que a fundação é semelhante às fundações tipo bloco dos martelos correntes, sendo o estrado de madeira substituído por uma camada de areia e pedra miúda. Para reduzir o custo de construção, a parte inferior da fundação é constituída por betão ciclópico. O bloco superior é de betão fortemente armado, com uma resistência à compressão aos 28 dias de 130 kg/cm². O peso total da fundação é de 900 ton, atingindo a profundidade de 9 m e sendo a área da base de 85 m².

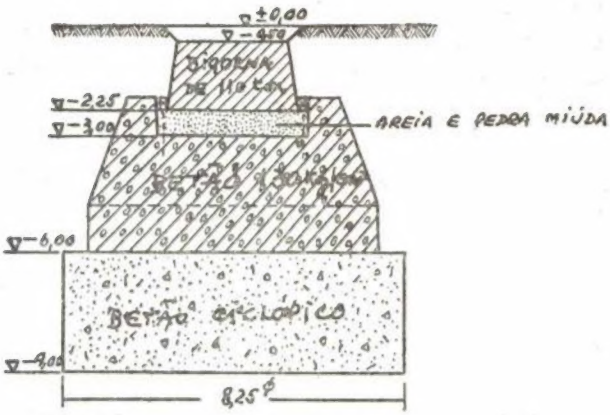


Fig. 6 — Fundação tradicional de martelo para quebrar ferro

Verifica-se que as fundações deste tipo apresentam inconvenientes do ponto de vista técnico e económico. Sendo muito onerosas, permitem o desenvolvimento de grandes tensões na bigorna, nos blocos de fundação e no solo, existindo casos de ruina da bigorna e da fundação causados pelo funcionamento da máquina.

Modernamente, as fundações destes martelos têm a forma de um tubo cilíndrico de betão armado, cheio de areia e ferro miúdo, como se indica na fig. 7. O enchimento do tubo deve ser

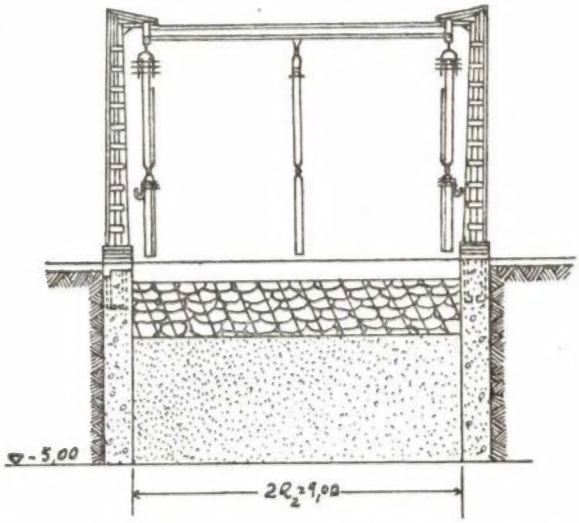


Fig. 7 — Fundação corrente de martelo para quebrar ferro

muito bem compactado por camadas de 0,5 m de altura. Sobre a areia dispõe-se uma camada de pedaços de ferro, de 1,5 a 2 m de altura, fortemente compactada também.

Se as paredes do cilindro forem suficientemente altas, as ondas propagadas pelos choques do pilão refletem-se nelas, anulando-se assim quase por completo a propagação das vibrações para o exterior do cilindro. Os cilindros devem ser tanto mais embebidos no terreno quanto menos consistente for o solo.

Em solos médios a altura do cilindro deve ser de 5 a 6 m.

A análise aproximada das tensões desenvolvidas no cilindro por efeitos dos choques é a seguinte:

A equação das oscilações do pilão de queda é:

$$\ddot{Z} + 2\,C\,\dot{Z} + f^2\,Z = 0 \qquad (34)$$

$$f^2 = \frac{C_u\,A\,g}{W}$$

sendo:

Z — elongação vertical

f — frequência própria das vibrações verticais

C_u — coeficiente de compressão elástica uniforme da base sujeita aos choques, de valor geralmente entre 3×10^3 e 5×10^3 kg/cm³

A — área da base do pilão

C — coeficiente de amortecimento, de valor 0,5 f a 0,7.f.

W — peso do pilão

A velocidade do pilão no início do choque é

$$v = \sqrt{2\,g\,h}$$

h — altura da queda

A solução da equação (34) para as condições iniciais

$$t = 0 \begin{cases} z = 0 \\ z'_o = v \end{cases}$$

é:

$$Z = A_z \text{ sen } f_1\,t \qquad (35)$$

$$A_z = \frac{v}{f_1}\,e^{\frac{-\pi e}{2f}} \qquad f_1 = \sqrt{f^2 - C^2}$$

sendo A_z a penetração máxima do pilão no ferro.

Por acção deste choque, propaga-se uma onda elástica, que em primeira aproximação consideramos esférica, através do volume do cilindro. Quando a onda atinge as paredes deste exerce uma pressão sobre elas.

Desprezando a obsorção de energia da onda pela areia e ferro que enchem o cilindro e con-

siderando a amplitude da onda decrescente na razão inversa da sua distância ao foco, será:

$$A_r = Az \frac{Ro}{r} \qquad (36)$$

Az — amplitude no foco, numa área circular de raio Ro (fig. 8).

Ar — amplitude à distância r do foco

A amplitude da componente da onda normal à parede do cilindro, é num ponto qualquer (v. fig. 8).

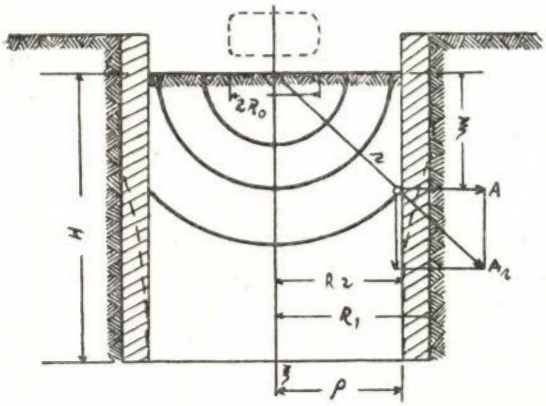


Fig. 8 — Análise das tensões referida em 8.2

$$A = A_r \frac{R_2}{\sqrt{R_2^2 + \xi^2}} \qquad (37)$$

sendo:

R_2 — raio interior da superfície cilindrica

ξ — profundidade do ponto referido

Obtém-se finalmente:

$$A = \frac{v_o}{f} \cdot \frac{R_o R_2}{R_2^2 + \xi^2} e^{-\frac{\pi c}{2f}} \qquad (38)$$

O valor de A dado por (38) é aproximado por excesso, visto uma parte da energia do choque corresponder ao trabalho de partir o ferro e de fazer oscilar o cilindro em conjunto.

A pressão exercida pela onda não atinge simultâneamente todos os pontos do cilindro, pois a velocidade de propagação é finita, da ordem de 2.000 a 2.500 m/seg. O cilindro é portanto sujeito a uma distribuição de pressões não uniforme, como se indica a tracejado na fig. 8. Por esta razão é necessário dispor armaduras junto das faces interior e exterior do cilindro; normalmente varões de ϕ 16 mm afastados de 0,30 a 0,40 m.

As tensões radiais e tangenciais sobre as paredes são dadas por:

Tensão radial:

$$\sigma_r = \frac{R_2^2}{R_1^2 - R_2^2} \left(1 - \frac{R_1^2}{\rho^2}\right).q \qquad (39)$$

Tensão tangencial:

$$\sigma_\rho = \frac{R_2^2}{R_1^2 - R_2^2} \left(1 + \frac{R_1^2}{\rho^2}\right).q \qquad (40)$$

Sendo $R1$ o raio exterior do cilindro e

$$R_2 < \rho < R_1 \text{ (v. fig. 8)}$$

e ainda

$$q = \frac{EA}{R_2 \left[(R_1^2 + R_2^2) / (R_1^2 - R_2^2) \right] + \nu} \qquad (41)$$

E — módulo de Young do material do cilindro

ν — coeficiente de Poisson do material do cilindro

A — amplitude dada pelo eq (37)

8.3 — Aplicação numérica

a) *Dados:* Um martelo para partir ferro tem as seguintes características:

- Peso do pilão: $W = 5$ ton.
- Altura de queda: $h = 15$ m.
- Área da base do pilão: $A = 1\ m^2$
- Raio da base do pilão: $Ro = 0{,}56$ m.
- Raios do cilindro: $R2 = 4{,}5$ m.
  $R1 = 4{,}8$m.
- Características do terreno:
  $C_u = 3 \times 10^3$ ton/m³
- Coeficiente de Poisson: $\nu = 0{,}35$
- Coeficiente de amortecimento: $C = 0{,}7$ f
- Módulo de elasticidade do betão:
  $E = 3 \times 10^6$ ton m²

b) *Cálculos*

A frequência própria das oscilações verticais do pilão é:

$$f = \sqrt{\frac{3 \times 10^6 \times 1 \times 9{,}81}{5}} = 2{,}44 \times 10^3 \text{ seg}^{-1}$$

Velocidade de choque do pilão:

$$v = \sqrt{2 \times 9{,}81 \times 15} = 17{,}1 \text{ m/seg.}$$

Na zona superior do cilindro, para a qual é $\xi = 0$, a componente normal do deslocamento é:

$$A = \frac{17,1}{2,44 \times 10^3} \cdot \frac{0,56}{4,5} e^{\frac{-0,7\pi}{2}}$$

$$= 0,29 \times 10^{-3} = 0,29 \text{ mm.}$$

A pressão dinâmica na zona superior do cilindro é:

$$q = \frac{-3 \times 10^6 \times 0,29 \times 10^{-3}}{4,5\ (4,8^2 + 4,5^2)/(4,8^2 - 4,5^2) + 0,35} =$$

$$= 12,9 \text{ ton/m}^2 = 1,3 \text{ kg/cm}^2$$

O valor máximo da tensão tangencial na parede do cilindro é, para $\rho = R2$:

$$\sigma\varphi = \frac{4,5^2 \times 2}{4,8^2 - 4,5^2}\ 12,9 = 172 \text{ ton/m}^2 =$$

$$= 17,2 \text{ kg/cm}^2$$

As armaduras devem absorver esta tensão de tracção que é considerável. A armadura pode decrescer com a profundidade do cilindro.

Nota: no caso de terrenos duros e de não existirem outras máquinas ou instalações nas proximidades, a fundação pode ser aligeirada, dispensando o cilindro de betão armado. É então formada por blocos de ferro e por ferro miudo colocados directamente sobre o solo ou sobre uma camada de areia compactada, como se indica na fig. 9.

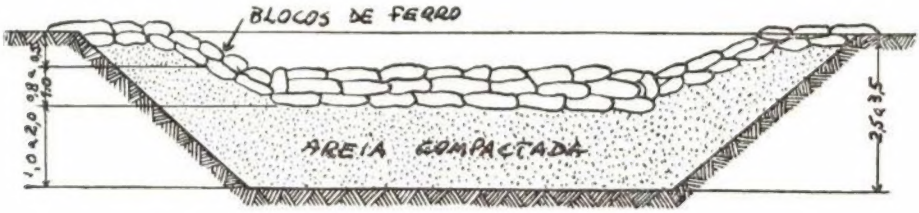


Fig. 9 — Fundação aligeirada de martelo para quebrar ferro

BIBLIOGRAFIA

(1) — Ravara, A. «Dimensionamento de Fundações de Máquinas». «Técnica», n.os 352, 353, Nov., Dez. 1965.

(2) — Crockett, J. H. A. — «Modern Forging Hammer Foundations». Civil Engineering and Public Works Review, 1958.

(3) — Barkan, D. — «Dynamics of bases and foundations», Mc Graw Hill Book Company, 1962.

(4) — Richart, F. E. — «Foundation Vibrations», Journal of the A.S.C.E., vol. 86, August 1960, Part I.

(5) — Arnold, R. N., Bycroft, G. N., Warburton, G. B. — Forced Vibrations of a Body on an Infinite Elastic Solid», Journal of Applied Mechanics, Transactions, A. S. M. E., vol. 77, 1955, pág. 391-401.

(6) — Jacobsen, L., Ayre, R. — «Engineering Vibrations Mc Graw Hill Book Company, 1958.

(7) — Harris, M., Crede, C. — «Shock and Vibration Handbook», Mc Graw Hill Book Company, 1961.

(8) — Den Hartog, J. P. «Vibrations Mécaniques», Dunod, 1960.

OS TRAVÕES PODEM AUMENTAR A PRODUTIVIDADE?

TECNICA X

SIM-NO 769 OS TRAVÕES NÃO PERDEM A EFICÁCIA, PERMITINDO AO OPERADOR CONDUZIR COM RAPIDEZ E SEGURANÇA

Os travões CAT, inspiram confiança ao operador do camião 769 por não perderem a eficácia. Capaz de uma força contínua de travagem de 560 HP, ou de um esforço intermitente de potência muito mais elevada, o 769 transita pelas estradas de transporte a grande velocidade. Por exemplo, um 769 completamente carregado pode descer uma rampa com a inclinação de 8 %, durante 1,6 km a uma velocidade de 66 km/h, sem necessidade de retardadores auxiliares. Com o 769, os operadores podem conseguir maior produtividade por atingirem maior velocidade nas descidas. Além disto estes travões multi-disco de grande eficácia não necessitam de ajustes... quer dizer: a vida dos travões mede-se em milhares de horas.

CONSIDERE-SE AGORA A SUSPENSÃO:

O operador viaja confortàvelmente e o camião sofre menos desgaste com o sistema de suspensão óleo-pneumática Caterpillar que substitui as molas convencionais, de folha e helicoidais.

...A DESCARGA RÁPIDA:

O 769 descarrega em 12 segundos. Uma só alavanca comanda toda a manobra de descarga. Também é fàcilmente carregável — o 769 proporciona aos operadores das pás carregadoras um grande espaço para descarga dos baldes.

...E A SEGURANÇA:

O 769 é construído segundo o padrão de qualidade comum a todo o material Caterpillar. Programas de ensaio sistemáticos e rigorosos contribuíram uma vez mais para o fabrico de uma máquina 100 % eficaz.

Motor Diesel potente, económico e de confiança... transmissão servo-comandada Cat que ajusta automàticamente a potência às condições da estrada, com 9 velocidades em 3 grupos... velocidades para a frente até 66 km/h. Estas são algumas das razões da maior produtividade do 769, que resultam em mais baixo custo por tonelada.

OS RESULTADOS CONSAGRAM O 769...

Dos E. U. A. — A Dolcito Quarry Company substituiu duas unidades de 16 toneladas por um 769 — Aumento de produtividade, diminuição de despesas.

Da Suiça — A Jura Cementfabriken Co. utiliza um 769 para transporte de calcário detonado e xisto escarificado. Velocidades mais rápidas nas descidas, maior produção. Um dos dirigentes da empresa comenta: «Há muito que aguardávamos um camião com as características do 769».

Dos E. U. A. — Os operadores da Latrobe Construction Co. elogiam a suspensão do 769: «Realmente atenua os solavancos», «Conduz-se como um automóvel», «Guia-se fàcilmente... manobra-se bem».

Do Canadá — Transportando calcário, numa exploração mineira, o camião CAT 769 excede em 19 % a produção duma unidade de 36 toneladas. Ciclos mais rápidos com mais viagens por hora conferem superioridade ao 769.

Dos E. U. A. — Jack Gillen, vice-presidente da Gillen Coal Mining Inc. declara: «Num circuito de transporte de 550 m, os nossos seis 769, carregados por duas escavadoras de 3 m³, suportaram uma sobrecarga média de 19 m³ por dia, trabalhando em dois turnos de 7 horas.

A suspensão óleo-pneumática dos 769 e a sua elevada velocidade de operação, proporcionam um aumento de produtividade de 29,5 % em relação aos antigos camiões de 25 toneladas que a Gillen possuía».

Características sumárias do 769:

Carga útil	32 toneladas
Capacidade rasa	17,8 m³
Capacidade amontoada (declive 2:1)	22,2 m³
Potência do motor (ao volante)	400 HP
Transmissão	Servo-comandada com divisor de binário
Velocidades: 9 para a frente — 3 para trás, até 66,8 km/h	
Pneus	18.0-25 (4 pneus traseiros)
Distância entre eixos	3607 mm
Peso (aproximado)	25 370 kg

A S.T.E.T. dispõe de vasta existência de peças sobressalentes, oficinas especializadas e grande experiência, para garantia do seu investimento. Peça informações acerca do produtivo e económico camião 769.

CATERPILLAR

Caterpillar e Cat são marcas registadas de Caterpillar Tractor Co.

S.T.E.T.

SOCIEDADE TÉCNICA DE EQUIPAMENTOS E TRACTORES, S. A. R. L.

PRIOR VELHO – SACAVÉM

Telef. 251 0001-2-3-3-4 **Teleg. "STETRA"**

X5209 P-0166-201
TECNICA XXIV

Impresso em Portugal

C. D. U. 532.595.2:628.12

CÁLCULO DO GOLPE DE ARIETE NUMA INSTALAÇÃO ELEVATÓRIA UTILIZANDO O MÉTODO GRÁFICO DE SCHNYDER-BERGERON

por JOSÉ REBELLO DA SILVA
Eng.º Mecânico I. S. T.
Bolseiro da Fundação
Calouste Gulbenkian

SUMÁRIO

Indica-se neste artigo a forma como é feita a aplicação do método gráfico de Schnyder - Bergeron ao cálculo do golpe de ariete numa instalação elevatória, começando por descrever a evolução do fenómeno, no caso geral, e por apresentar as equações gerais para a resolução de problemas de características semelhantes. No final apresentam-se alguns comentários sobre os resultados obtidos no problema considerado.

SYNOPSIS

This paper deals with the application of Schnyder — Bergeron's graphic method to the calculation of the water — hammer in a pumping station.

Beginning with the description of the evolution of the phenomenon, in general, it follows with the presentation of the general equations used in the resolution of similar problems.

At the end, some comments are made on the results obtained in the resolution of the studied problem.

1 — INTRODUÇÃO

O problema do golpe de ariete tem sido objecto de numerosas publicações no estrangeiro, nomeadamente no que se refere a instalações de bombagem. No nosso País, no entanto, a literatura sobre a matéria não é abundante, e não nos parece, por isso descabido, apresentar uma contribuição com o objectivo de facilitar aos iniciados na matéria, conhecedores da respectiva teoria e dos fundamentos do método gráfico de Schnyder-Bergeron, a sua aplicação prática. Escolhemos para isso um cálculo simples, relativo a uma instalação elevatória.

A instalação considerada compreende três grupos de bombas iguais, tendo sido inicialmente prevista para funcionamento simultâneo de apenas dois dos grupos, sendo o terceiro utilizado em substituição de qualquer daqueles; posteriormente, porém, pretendeu-se o funcionamento simultâneo dos três grupos. É precisamente à verificação da possibilidade de funcionamento simultâneo dos três grupos que corresponde o cálculo que se apresenta.

2 — DADOS GERAIS

Os três grupos de bombas alimentam uma mesma conduta de pressão, de diâmetro e espessura constantes ao longo do seu desenvolvimento, que descarrega num reservatório de dimensões suficientemente grandes, pelo que se pode admitir que o nível de água se mantém nele constante durante a evolução do fenómeno do golpe de ariete. À entrada da conduta comum de pressão está montada uma válvula de borboleta para protecção da instalação.

Cada grupo de bombas é constituído por uma bomba principal e uma bomba de poço profundo acopladas no mesmo veio, estando a bomba principal montada 24 m acima do nível mínimo de água a montante. A constante de aceleração de um grupo é $T_a = 7{,}28$s (*). As curvas características de um grupo de bombas estão indicadas na figura 1, em valores relativos, referidos aos valores correspondentes ao regime nominal do

(*) Em apêndice indica-se a lista de símbolos e notações mais importantes.

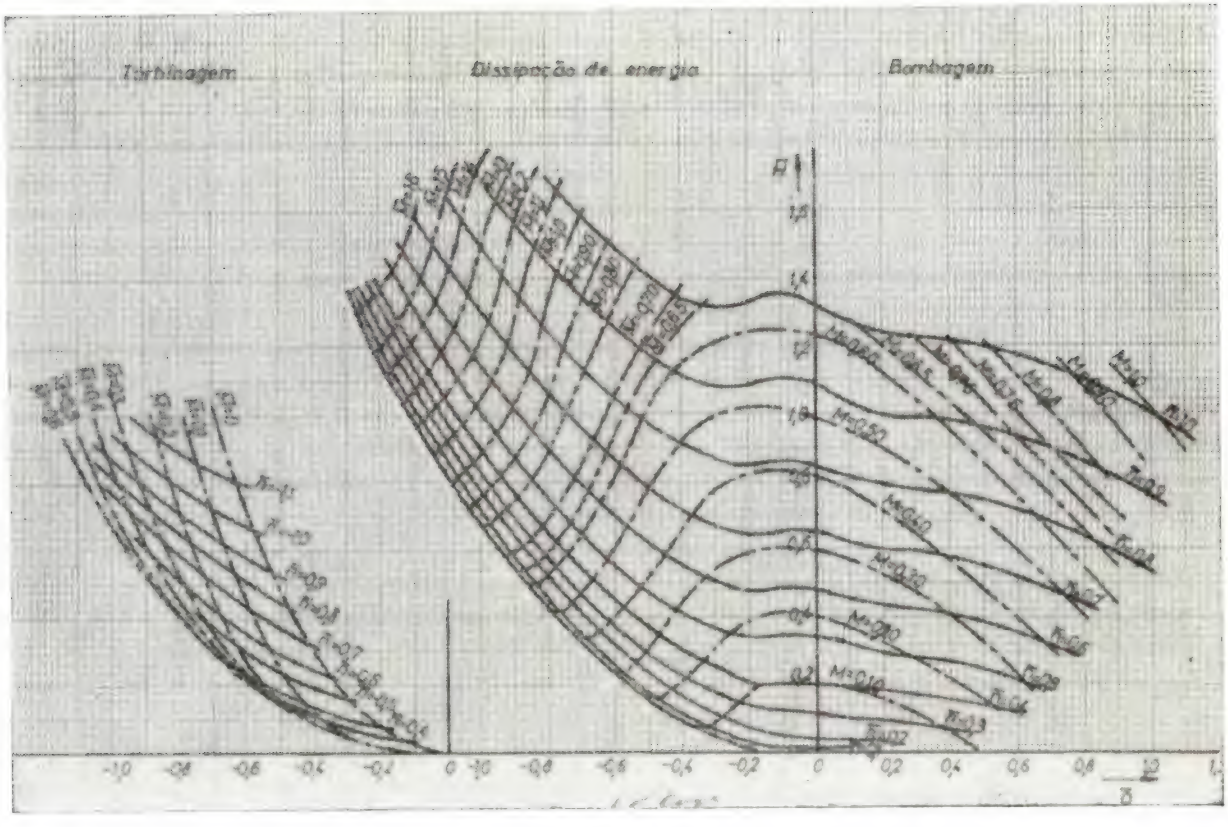


Fig. 1

grupo. Ao regime permanente de funcionamento de cada grupo de bombas corresponde uma altura geométrica de elevação em valor relativo, $(H_{geom})_r = 0{,}955$ e um caudal $\overline{Q}_r = 1{,}0$.

O tempo de reflexão da conduta é $T_r = 2{,}2$s.

O tempo característico da inércia hidráulica é $T_w = 1{,}45$ s (*).

As perdas na conduta são, em valor relativo, para o regime nominal, $\overline{Z}_{cr} = 0{,}0355$.

O fecho da válvula de borboleta efectua-se de forma linear, ràpidamente no início e mais lentamente numa segunda fase, sendo o tempo total de fecho $T_f = 23{,}4$s. Na figura 2 indicam-se as características de fecho da válvula.

As perdas de carga introduzidas pela válvula de borboleta são determinadas considerando um coeficiente empírico ξ, expresso em função da posição angular da lentilha.

(*) Na resolução do problema vai considerar-se a acção da conduta de aspiração desprezável por si e englobada na acção da conduta de pressão.

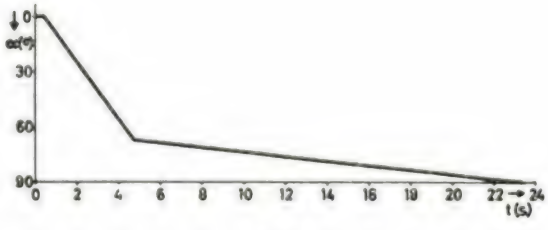


Fig. 2

3 — ELEMENTOS TEÓRICOS GERAIS

Das muitas causas que podem dar origem a variações de pressão vai considerar-se o caso mais importante da falha simultânea dos motores de accionamento das bombas, indicando-se também, em linhas gerais, o que se passa quando, com as bombas em funcionamento normal, se verifica um fecho anormal da válvula de borboleta. Adicionalmente verificar-se-á se o valor máximo da altura de aspiração das bombas principais se mantém ainda dentro dos limites admissíveis em relação à cavitação, durante a evolução do primeiro dos dois casos anteriores.

No caso geral de falha dos motores as bombas prosseguem ainda no seu movimento devido à inércia das massas em rotação. No entanto, como a energia respectiva é muito reduzida em comparação com a necessária para vencer a altura de elevação, a velocidade das bombas reduz-se muito ràpidamente, reduzindo-se igualmente o caudal bombeado. Atinge-se então um valor da velocidade em que já não é possível vencer a altura de elevação e o sentido do escoamento inverte-se, embora as bombas se mantenham ainda a funcionar no sentido normal de rotação, com uma velocidade, porém, cada vez reduzida. Finalmente a velocidade de rotação das bombas anula-se e inverte-se em seguida o respectivo sentido, por acção da massa de água na conduta de pressão, que se encontra em escoamento invertido.

Verificam-se então três fases distintas: a primeira desde a falha dos motores até ao instante em que se dá a inversão do escoamento (fase de bombagem); a segunda desde este instante até ao instante em que se anula a velocidade de rotação das bombas (fase de dissipação de energia); a terceira desde este instante, ao qual corresponde a inversão do sentido de rotação das bombas, até à paragem dos grupos (fase de turbinagem). A duração destas fases depende não só das características da instalação e das bombas mas ainda do tempo de fecho e das características da válvula de protecção da instalação. O tempo de fecho da válvula se, por um lado, interessava que fosse o mais curto possível, por forma a evitar mesmo a reversibilidade do escoamento, não pode porém, por outro lado, ser demasiado reduzido, para permitir que o valor do golpe de ariete se mantenha dentro de limites admissíveis.

4 — EQUAÇÕES PARA A RESOLUÇÃO DO PROBLEMA

Quando se dá a falha dos motores de accionamento das bombas, a acção da inércia mecânica dos grupos é traduzida pela equação:

$$M = -\frac{GD^2}{4g} \cdot \frac{d\omega}{dt} \qquad \text{(mkg/s)} \qquad (1)$$

Considerando intervalos de tempo dt reduzidos e linearizando, obtem-se para o intervalo de ordem x

$$\frac{M_x + M_{x-1}}{2} = -\frac{GD^2}{4g} \cdot \frac{\pi}{30} \cdot \frac{\Delta n}{\Delta t} \qquad (-) \qquad (2)$$

em que $\Delta n = n_x - n_{x-1}$ (r.p.m.).

Passando a valores relativos e introduzindo a definição de constante de aceleração do grupo, deduz-se para a equação de inércia mecânica

$$\overline{\Delta n} = -\frac{\Delta t}{T_a} \cdot \frac{1}{2}\left(\overline{M_x} + \overline{M_{x-1}}\right) \qquad (-) \qquad (3)$$

A inclinação das rectas de golpe de ariete é dada pelos coeficientes das equações conjugadas de Schnyder

$$\Delta h = \pm \frac{a}{gA} \Delta q \qquad \text{(m)} \qquad (4)$$

Em valores relativos e introduzindo as definições do tempo de reflexão da conduta e do tempo característico de inércia hidráulica, resulta para a expressão anterior

$$\overline{\Delta h} = \pm \frac{T_w}{T_r/2} \overline{\Delta q} \qquad (-) \qquad (5)$$

A inclinação das rectas de golpe de ariete é então dada por

$$\tan \alpha = \pm \frac{T_w}{T_r/2} \qquad (-) \qquad (6)$$

A perda de carga introduzida pela válvula de borboleta é dada por

$$Z_v = \xi \frac{c^2}{2g} \qquad \text{(m)} \qquad (7)$$

ou, em valores adimensionais

$$\bar{Z}_v = \xi\, k\, \overline{Q}^2 \qquad (-) \qquad (8)$$

$$\text{em que } k = \frac{1}{2gA^2} \cdot \frac{Q_o^2}{H_o}.$$

As perdas de carga na conduta são proporcionais ao quadrado do caudal. Em valores relativos tem-se então

$$\bar{Z}_c = \bar{Z}_{cr} \cdot \overline{Q}^2 \qquad (-) \qquad (9)$$

Introduzindo os dados numéricos do problema e adoptando um intervalo de tempo $\Delta t = 1$, ls, obtém-se então as equações para a resolução do problema:

— Equação de inércia mecânica:

$$\overline{\Delta n} = -\ 0{,}0756.\ (\overline{M}_x + \overline{M}_{x-1}) \qquad (-) \qquad (3a)$$

— Equação das rectas de golpe de ariete:

$$\overline{\Delta h} = \pm\ 1{,}32\ .\ \overline{\Delta q} \qquad (-) \qquad (5a)$$

— Equação da perda de carga na válvula:

$$\overline{Z}v = 1{,}1\ .\ 10^{-3}\ .\ \xi\ .\ \overline{Q}^2 \qquad (-) \qquad (8a)$$

— Equação das perdas de carga na conduta:

$$\overline{Z}_c = 0{,}0355\ .\ \overline{Q}^2 \qquad (-) \qquad (9a)$$

Para a determinação da altura de aspiração das bombas principais dos grupos, utilizar-se-ão as leis de semelhança, expressas como se sabe por

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{Q_1}{Q_2} = \sqrt{\frac{H_1}{H_2}} \qquad (-) \qquad (10)$$

em que os índices 1 e 2 caracterizam dois regimes diferentes de funcionamento.

5 — RESOLUÇÃO GRÁFICA

Cada ponto no diagrama do golpe de ariete é indicado por um número, que representa a sua localização no tempo — tomando como origem o instante em que se dá a perturbação e como unidade de escala o tempo de reflexão da conduta —, com um índice que indica a secção a que se refere.

5.1 — Caso da falha dos motores

Consideram-se as perdas de carga na conduta, definidas pela expressão (9 a), concentradas à saída. A intersecção da curva representativa destas perdas, traçada com origem no ponto de coordenadas (0 ; 0,955), com a curva $\overline{n} = 1{,}0$ (fig. 3) define o ponto $O_B \equiv O_V \equiv O_R$ de funcionamento da bomba no regime permanente inicial, pois para o caudal correspondente é desprezável a perda de carga na válvula de borboleta.

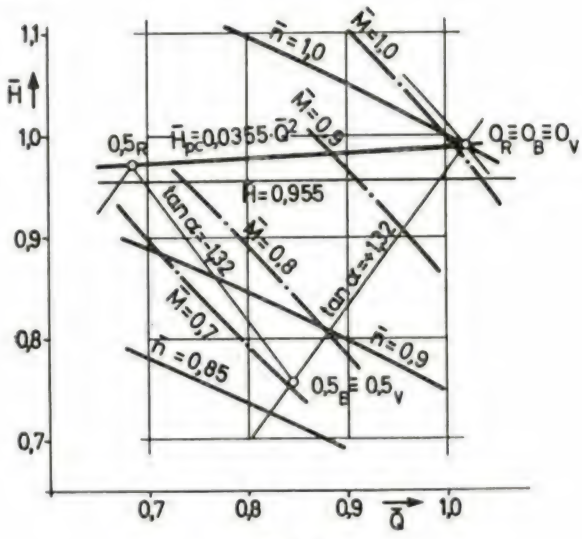


Fig. 3

O regime permanente inicial é, portanto, caracterizado pelos seguintes valores das grandezas que o definem

$$\overline{H}_i = 0{,}9905$$
$$\overline{Q}_i = 1{,}02$$
$$\overline{M}_i = 1{,}01$$
$$\overline{n}_i = 1{,}0$$

Inicia-se então o traçado de diagrama do golpe de ariete, acompanhando-o do preenchimento da tabela 1.

A partir de 0_V traça-se a recta de golpe de ariete de coeficiente angular positivo e determina-se sobre ela o ponto $0{,}5_B \equiv 0{,}5_V$, pois a perda de carga na válvula é ainda desprezável (fig. 3). Esta determinação faz-se por tentativas: escolhe-se um ponto e determinam-se para ele $\overline{\Delta n} = \overline{n}_{0,5} - \overline{n}_i$ e $\overline{\Delta n} = -\ 0{,}0756\ (\overline{M}_{0,5} + \overline{M}_i)$; não sendo iguais estes dois valores de $\overline{\Delta n}$ ensaia-se outra posição, deslocando o ponto escolhido sobre a recta de golpe de ariete, no sentido que aconselhar a divergência verificada na tentativa anterior; geralmente duas, o máximo três, tentativas são suficientes para determinar o ponto em que se verifica a concordância dos dois valores de $\overline{\Delta n}$.

Sobre a mesma recta de golpe de ariete determina-se de forma semelhante o ponto $1{,}0_B \equiv 1{,}0_V$,

pois a perda de carga na válvula é ainda desprezável.

Pelos pontos $0{,}5_V$ e $1{,}0_V$ traçam-se rectas de golpe de ariete de coeficiente angular negativo. Estas rectas reflectem-se na parábola que representa os regimes na secção do reservatório, em novas rectas de coeficiente angular positivo, sobre as quais se encontram respectivamente os pontos $1{,}5_V$ e $2{,}0_V$.

Para o ponto $1{,}5_V$ procede-se de forma absolutamente semelhante à que foi aplicada para os pontos anteriores.

Para o ponto $2{,}0_V$, porém, é já necessário considerar a perda de carga na válvula de borboleta. Pode proceder-se então da seguinte forma: Na região onde se prevê que venha a localizar-se o ponto procurado, traça-se a parábola da perda de carga na válvula de borboleta marcando as suas ordenadas (*) não em relação a um eixo horizontal mas sim em relação à recta de golpe de ariete; sobre a parábola assim traçada determina-se por tentativas, tal como anteriormente, o ponto $2{,}0_B$ que satisfaz à equação de inércia e, na sua vertical sobre a recta de golpe de ariete, o ponto $2{,}0_V$.

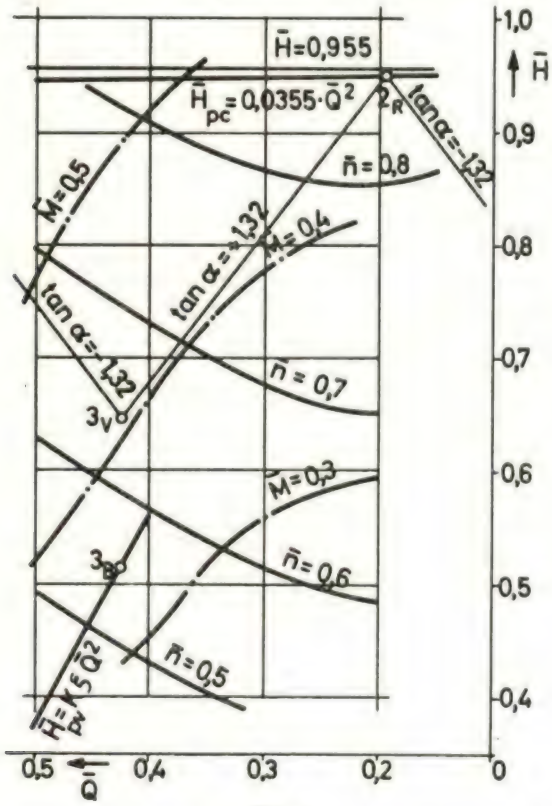


Fig. 4

Pelos pontos $1{,}5_V$ e $2{,}0_V$ traçam-se como anteriormente rectas de golpe de ariete de coeficiente angular negativo, repetindo-se depois o seguimento do processo.

Na figura 4 exemplifica-se para o ponto $3{,}0_V$ a forma como é feita a determinação, considerando a perda de carga na válvula.

Para os últimos pontos torna-se difícil ou mesmo impossível de determinar o valor do coe-

TABELA 1

t/T_r	$\bar{H}_{pv}/\bar{Q}^2$	$\bar{n}$	$\Delta\bar{n}$	$\bar{M}$	$\bar{M}_x+\bar{M}_{x-1}$
0,0	$2{,}20.10^{-4}$	1,000	0,134	1,01	1,76
0,5	$3{,}96.10^{-4}$	0,866	0,104	0,75	1,35
1,0	$3{,}08.10^{-3}$	0,762	0,075	0,60	0,977
1,5	$2{,}64.10^{-2}$	0,687	0,050	0,377	0,6495
2,0	$2{,}42.10^{-1}$	0,637	0,040	0,2725	0,5275
2,5	$6{,}05.10^{-1}$	0,597	0,045	0,255	0,601
3,0	$7{,}15.10^{-1}$	0,552	0,063	0,346	0,838
3,5	$8{,}36.10^{-1}$	0,489	0,074	0,492	0,992
4,0	1,0	0,415	0,073	0,50	0,961
4,5	1,21	0,343	0,067	0,461	0,876
5,0	1,43	0,276	0,059	0,415	0,780
5,5	1,815	0,217	0,051	0,365	0,667
6,0	2,31	0,166	0,042	0,302	0,552
6,5	3,08	0,124	0,034	0,25	0,450
7,0	4,07	0,090	0,028	0,20	0,36
7,5	5,5	0,062	0,020	0,16	0,26
8,0	8,8	0,042	0,013	0,10	0,17
8,5	17,6	0,029	0,009	0,07	0,12
9,0	30,8	0,020	0,006	0,05	0,08
9,5	49,5	0,014		0,03	

(*) Estas ordenadas são positivas para os pontos situados na zona de bombagem e negativas para os pontos que se situam nas zonas de dissipação de energia e de turbinagem.

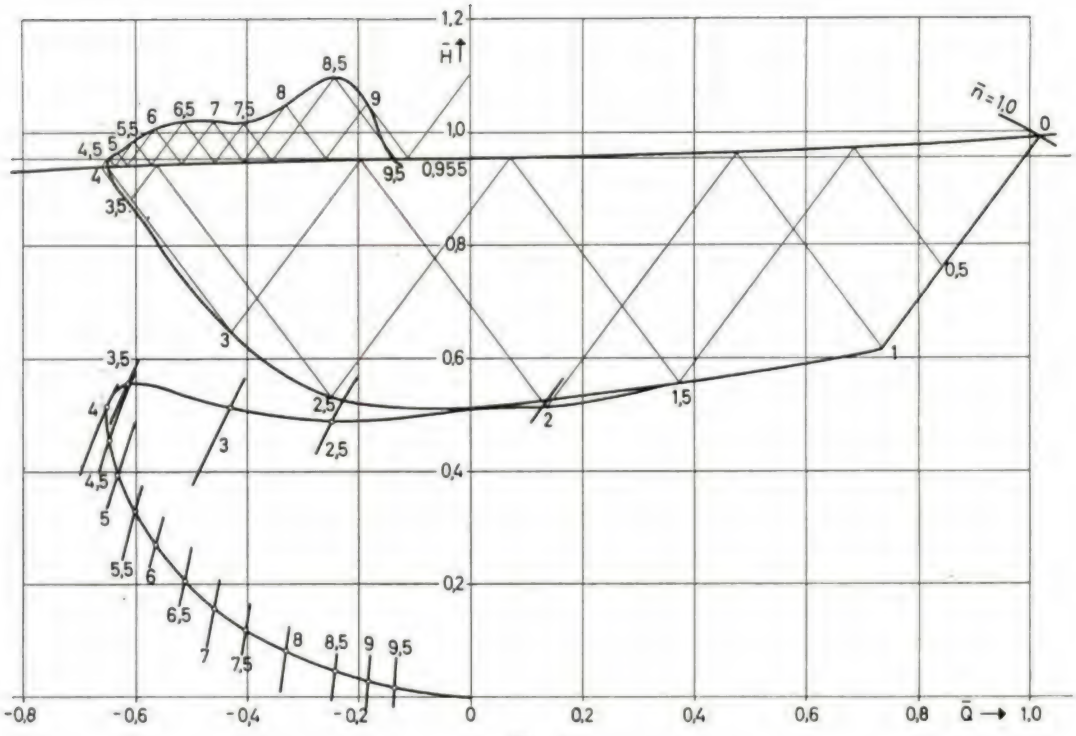


Fig. 5

ficiente ξ e, portanto, não é possível determiná-los sobre o diagrama.

Na figura 5 representa-se o diagrama completo do golpe de ariete correspondente a este caso. Para não tornar o diagrama confuso caracterizam-se apenas os pontos relativos à conduta e à bomba, dispensando-se, no entanto, a inscrição de índices.

5.2 — Caso de fecho acidental da válvula

Neste caso os regimes de funcionamento de cada grupo de bombas são definidos pelos pontos da curva $\bar{n} = 1{,}0$.

O diagrama do golpe de ariete para este caso está indicado na figura 6, sendo o seu traçado efectuado de forma semelhante à do caso ante-

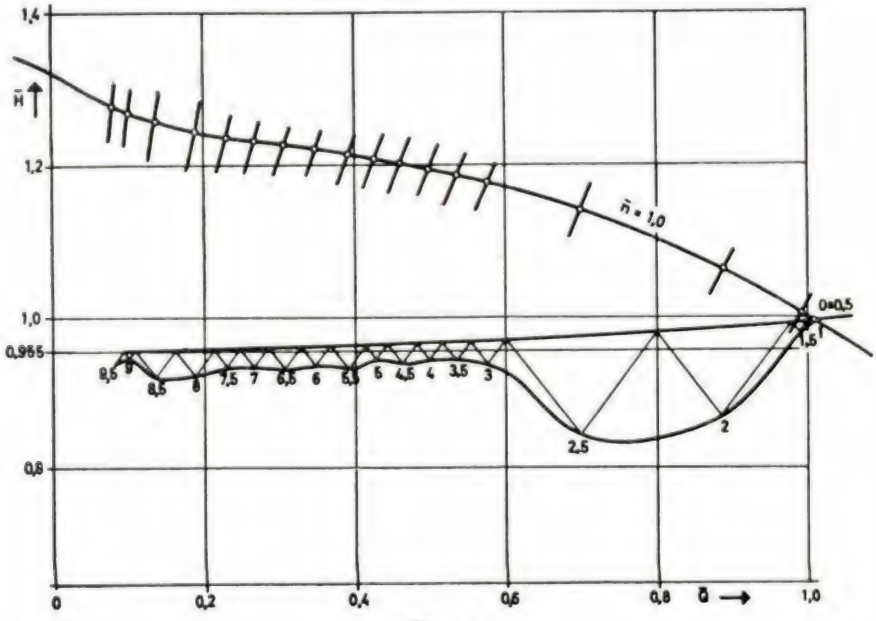


Fig. 6

rior, tendo apenas em atenção o facto de que os regimes de funcionamento do grupo são definidos agora pelos pontos da curva $\overline{n} = 1{,}0$ e a pressão na secção de entrada da conduta é sempre inferior à pressão na bomba do valor da perda de carga na válvula.

6 — DETERMINAÇÃO DA ALTURA DE ASPIRAÇÃO DA BOMBA PRINCIPAL

Para conhecer o valor da altura de aspiração da bomba principal é necessário determinar a altura de elevação da bomba de poço profundo.

Interessa então determinar a curva de funcionamento da bomba de poço profundo durante o fecho da válvula de borboleta. Esta curva traça-se a partir da curva de funcionamento do grupo e da curva característica $\overline{Q}_p$, $\overline{H}_p$, para $\overline{n}_p = 1{,}0$, que constitui um dado do problema (figura 7), recorrendo às relações de semelhança (10).

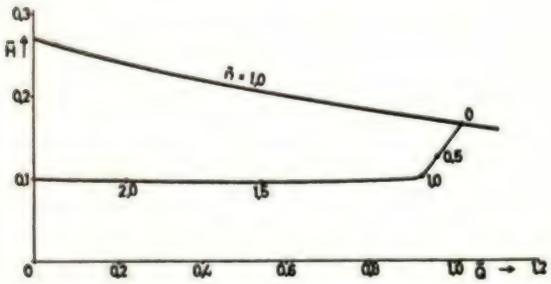


Fig. 7

Em rigor deveria trabalhar-se com as curvas características da bomba principal e com as da bomba de poço. No entanto, os resultados que se obtêm segundo o método adoptado são suficientemente aproximados para o fim em vista.

Na figura 7 traçou-se também a curva de funcionamento em referência, relativa à zona de bombagem. Na tabela 2 indicam-se os valores de cálculo para o traçado da curva, indicando-se ainda, na última coluna, os valores de H_a.

7 — CONCLUSÕES GERAIS

A evolução do fenómeno vê-se claramente nas suas fases traçando as curvas de variação da pressão, da velocidade do grupo e do caudal, em função do tempo (fig. 8).

Deste diagrama conclui-se que não chega a verificar-se a terceira fase referida no ponto 3; o tempo de fecho da válvula de borboleta é suficientemente reduzido para que a bomba não chegue a funcionar em turbinagem. A fase de bombagem dura cerca de 5 s, iniciando-se então a fase de dissipação de energia.

No caso mais importante de falha dos motores o valor máximo do golpe de ariete é de

$$\overline{\Delta h}_{máx\,(+)} = 0{,}145$$

ou seja

$$\Delta h_{máx\,(+)} = 14{,}5\,\%$$

e verifica-se cerca de 18,5s após o início da perturbação. A depressão máxima é de

$$\overline{\Delta h}_{máx\,(-)} = 0{,}44$$

ou seja

$$\Delta h_{máx\,(-)} = 44\,\%$$

TABELA 2

t/Tr	Grupo de bombas				Bomba de poço			Bomba principal
	$\overline{n}$	$\overline{Q}$	$\overline{H}$	$\overline{Q}_p^x$	$\overline{H}_p^x$	$\overline{H}_p$	H_p	H_a
0,0	1,0	1,02	0,99	1,02	0,165	0,165	27,9	− 3,9
0,5	0,865	0,845	0,76	0,98	0,168	0,126	21,3	+ 2,7
1,0	0,775	0,74	0,62	0,955	0,17	0,102	17,1	+ 6,9
1,5	0,687	0,37	0,555	0,54	0,202	0,095	16,1	+ 7,9
2,0	0,639	0,135	0,51	0,21	0,237	0,097	16,4	+ 7,6
2,12	0,61	0,0	0,495	0,0	0,27	0,10	16,9	+ 7,1

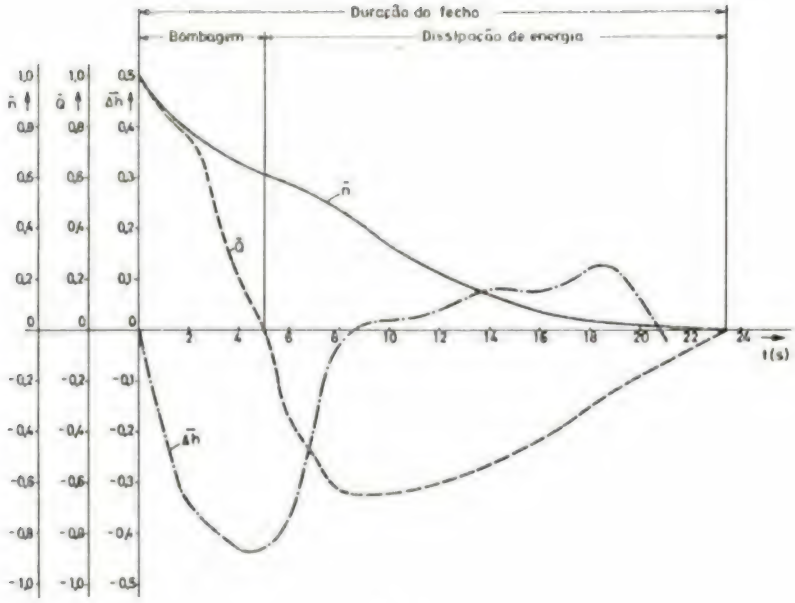


Fig. 8

e verifica-se cerca de 4,5s depois do início do fecho.

Os valores elevados da depressão máxima na conduta e da altura de aspiração da bomba principal aconselhariam, numa instalação nova, a prever uma solução como, por exemplo, um valor superior para a constante de aceleração do grupo, isto é, para as massas de inércia; como, porém, se trata de uma instalação já existente, — na qual a conduta forçada fora largamente dimensionada e, por isso, está ainda apta a suportar as novas condições de funcionamento, — pode admitir-se o funcionamento, sem introdução dessas massas de inércia adicionais.

APÊNDICE

Lista dos símbolos mais importantes:

a — velocidade de propagação das ondas de pressão (m/s).

A — secção útil da conduta forçada (m^2).

c — velocidade média de escoamento na conduta forçada (m/s).

g — aceleração da gravidade (m/s^2).

H — altura de elevação (m).

H_a — altura de aspiração (m).

Δh — variação de pressão. (m).

$J = \frac{GD^2}{4g}$ — momento polar de inércia de um grupo (m^2kg).

M — binário de um grupo (mkg).

n — velocidade de rotação dos grupos (r.p.m.).

Δn — variação de velocidade de rotação dos grupos (r.p.m.).

Q — caudal (m^3/s).

Δq — variação do caudal (m^3/s).

$T_a = \frac{GD^2}{375} \cdot \frac{n_r}{M}$ — constante de aceleração de um grupo (s).

T_f — Tempo de fecho da válvula de borboleta (s).

$T_r = \frac{2L}{a}$ — tempo de reflexão da conduta (s).

$T_w = \frac{Lc}{gH}$ — tempo característico de inércia hidráulica (s).

Z_c — perdas de carga na conduta (m).

Z_v — perda de carga na válvula de borboleta (m).

ω — velocidade angular de rotação dos grupos (rad/s).

ξ — coeficiente empírico da válvula de borboleta (—).

* — caracteriza o regime de funcionamento da bomba de poço à velocidade $\bar{n} = 1{,}0$

índice i — caracteriza o regime permanente inicial

índice p — caracteriza o regíme de funcionamento da bomba de poço

índice r — caracteriza o regime nominal

CONSTRUÇÕES TÉCNICAS, LDA.

PRAÇA DO MUNICÍPIO, 13-3.º — LISBOA 2 • TEL. 36 65 06

SONDAGENS • FUNDAÇÕES
TRABALHOS MARÍTIMOS
PONTES E ESTRUTURAS

LUANDA

Cais acostável com 372 metros de comprimento, em construção

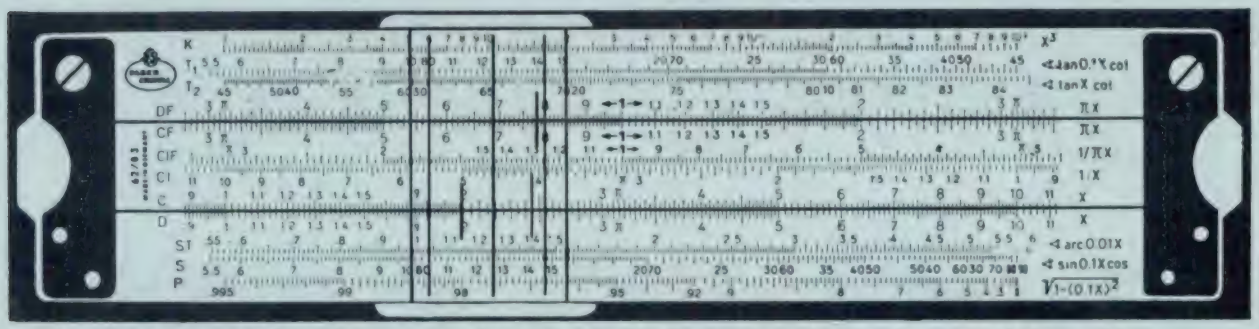
Projecto e execução de CONSTRUÇÕES TÉCNICAS, LDA.

Uma Régua de Cálculo de Bolso (escala de 12,5 cms), na qual se podem fazer múltiplos cálculos com a exactidão de uma régua de 25 cms.

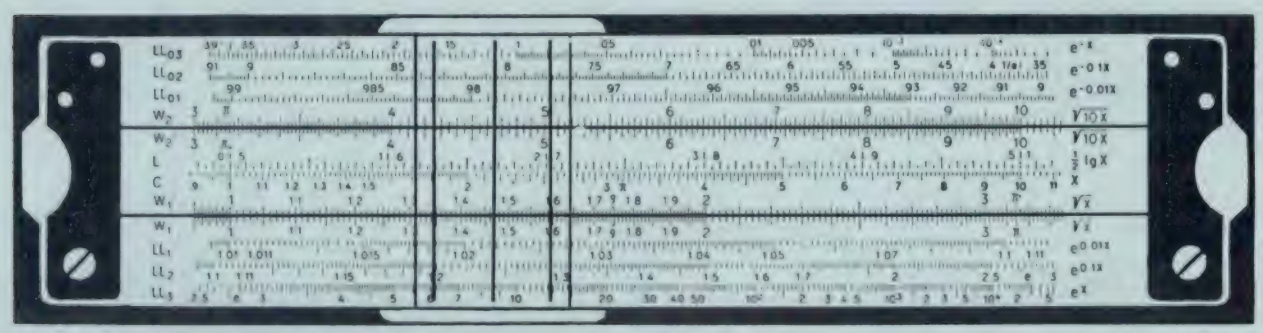
CASTELL-NOVO-BIPLEX 62/83

O mais moderno auxiliar para os seus estudos e para a sua profissão.

A novidade mais importante reside nas escalas de raízes W_1, W_1', W_2, W_2', que possibilitam uma exactidão de cálculo de 4 decimais, por ser interrompida a divisão em $\sqrt{10} = 3{,}16$ e repartida em dois pares de escalas.



Parte dianteira: Além da aprovada escala de T_2 para valores tangenciais e de ângulos maiores do que 45°, temos ainda as escalas CF e DF e a escala recíproca CIF, todas deslocadas por π.



Parte trazeira: Seis escalas exponenciais para o cálculo com expoentes positivos e negativos, e uma escala elementar C que trabalha em conjunto com as escalas exponenciais. Com referência às escalas de raízes, esta escala elementar C exerce as funções de escala de quadrados.

A matéria plástica Geroplast da qual é feita a régua de cálculo, mantem-se inalterável em todos os climas, incluindo o clima tropical até 70° centígrados, não é inflamavel, é elástico e à prova de quebra. Desta maneira, Geroplast concentra em si todas as boas qualidades de um material plástico para uma régua de cálculo de alta qualidade.

Além: A CASTELL-NOVO-BIPLEX 2/83
Uma régua de 25 cms com a exactidão de uma régua de 50 cms.

A. W. FABER-CASTELL · STEIN BEI NÜRNBERG · ALLEMANHA

índice B — caracteriza o funcionamento de um grupo de bombas

índice R — caracteriza o funcionamento na secção da saída da conduta (secção do reservatório)

índice V — caracteriza o funcionamento na secção de entrada da conduta (secção da válvula borboleta)

traço $\bar{\ }$ — caracteriza as grandezas em valores relativos.

BIBLIOGRAFIA

1 — Bergeron — Du coup de Bélier en Hydraulique au Coup de Fondre en Electricité — Dunod Editeur — 1950.

2 — Lein — Graphische Druchstossberechnung fuer Pumpen — und Turbinen — Druckrohrleitungen — Voith Forschung und Konstruktion, 4, Nov. 1958.

3 — Lein — Graphische Druckstossberechnung fuer Kuerze Rohrleitungen — Voith Forschung und Konstruktion, 9, Dez. 1962

4 — Parmakian — Waterhammer Analysis — Dover Publications — 1963.

5 — Schnyder — Ueber Druckstoesse in Rohrleitungen — Wasserkraft und Wasserwirtscharft, 5, 5 e 16 de Março de 1932.

6 — Schnyder — Druckstoesse in Rohrleitungen — Mitteilungen von Roll, 3/4, Fev./Junho 1934.

AGRADECIMENTO

À Firma J. M. Voith (Heidenheim — Alemanha) agradeço a autorização para publicação deste artigo. Aos seus Técnicos agradeço a colaboração prestada para a elaboração do mesmo.

III SEMANA DE ENGENHARIA CIVIL

Realiza-se de 7 a 12 de Março, no Instituto Superior Técnico, a III Semana de Engenharia Civil, organizada pelas finalistas do Curso de Engenharia Civil do Instituto e em colaboração com a AEIST. Nesta Semana, em que se pretende dar uma panorâmica de vários sectores da Engenharia Civil em Portugal, estão integradas uma Exposição Industrial, uma Exposição documental de organismos oficiais, uma Feira do Livro Técnico, e ainda um ciclo de conferências e palestras focando diversos assuntos. O programa é o seguinte:

Dia 7 — Inauguração das exposições. Sessão inaugural no Salão Nobre e Conferência, pelo Prof. Eng. Vasco Costa sobre o «Ensino de Engenharia». Sessão de filmes técnicos sobre Hidráulica.

Dia 8 — Conferência pelo Prof. Eng. Campos e Matos sobre «A acção dos sismos no dimensionamento das estruturas».

Dia 9 — Visita à Ponte sobre o Tejo, com palestra introdutória proferida pelo Eng. Costa Maria.

Dia 10 — Conferência pelo Eng. Manuel Rocha, Director do L. N. E C. sobre «A Mecânica das Rochas e a sua aplicação ao estudo das fundações de barragens». Palestra e projecção de filmes sobre «Equipamento de terraplenagens» pelo Eng. Jorge Seixas.

Dia 11 — Conferência pelo Eng. Gomes Fernandes da Hidroeléctrica do Cávado sobre «O projecto e execução da Barragem do Alto Rabagão».
Palestra e projecção de filmes sobre o tema «Pré-fabricação» pelo Eng. Manuel Bignolas.

Dia 12 — Sessão de encerramento. Conferência peio Eng. Magalhães Ramalho, do I. N. I. I. sobre «O planeamento da formação em grande escala».

D . U. 621.311.5/91

ELEMENTOS SOBRE A PRODUÇÃO E O CONSUMO DE ENERGIA NA REDE ELÉCTRICA NACIONAL (*)

I — Breve nota mensal

O mês de Novembro caracterizou-se pela ocorrência de elevadas precipitações.

O coeficiente de produtibilidade hidroeléctrica atingiu 1,74: as afluências do mês têm uma probabilidade de serem excedidas da ordem de apenas 13 %.

Por efeito deste regime de afluências muito favorável, o armazenamento do conjunto das albufeiras teve um acréscimo de cerca de 427 GWh, atingindo, no fim do mês, cerca de 984 GWh, dos quais cerca de 208 GWh na albufeira do Alto Rabagão.

O descarregpdor de fundo da albufeira de Paradela foi fechado no dia 15, iniciando-se assim o reenchimento desta albufeira.

Verificaram-se descarregamentos pràticamente durante todo o mês, nos primeiros dias apenas em alguns aproveitamentos a fio de água das redes secundárias e, a partir do dia 20, também nos aproveitamentos do Douro Internacional e em algumas albufeiras do sistema Cávado e na albufeira de Pracana.

II — Elementos gerais

Acumulados desde 1 de Janeiro

	GWh 1964	GWh 1965	Variação %
Produção hidráulica (P_h) . . .	3844,6	3387,1	— 12
Produção térmica (P_t)	222,5	392,3	+ 76
Produção total (P_T)	4067,1	3779,4	— 7
Energia recebida de empresas não pertencentes ao RNC (E_r)	22,1	24,3	+ 10
Exportações (Ex)	54,0	11,1	— 79
Importações (I)	21,9	441,8	—
Saldo importador (S_I)	—32,1	+430,7	—
Consumo em bombagem (C_b)(1)	—	15,8	—
Produção para consumos perman. (P_{cp}) (2)	3347,0	3757,7	+ 12,3 (4)
Produção para consumos não perman. (P_{cnp}) (3)	710,1	460,9	— 35
Total	4057,1	4234,4	+ 4
Coeficiente de hidraulicidade	1,03	0,84	—

NOTAS

(1) Energia consumida em bombagem para armazenamento na Albufeira do Alto Rabagão.

(2) A produção para consumos permanentes (P_{cp}) é determinada pela seguinte expressão: $P_{cp} = P_T + E_r + S_I - C_b - P_{cnp}$

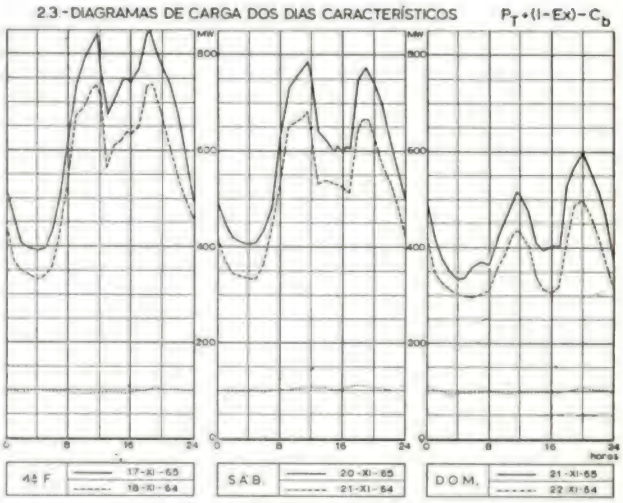
(3) Consideram-se consumos não permanentes, os indicados em 4.2

(4) O aumento percentual de produção para consumos permanentes, tendo em conta a incidência dos domingos e dias especiais, é respectivamente de 7,5 % e 13,0 %.

III — Diagramas de carga dos dias característicos

			4.ª feira: 1964	4.ª feira: 1965
Produção hidráulica		(P_h) MWh	10178	16251
Produção térmica		(P_t) MWh	2260	0
Produção total		(P_T) MWh	12438	16251
Trocas com Espanha	Export.	(Ex) MWh	0	0
	Import.	(I) MWh	1025	0
Consum em bomb. hidroel.		(C_b) MWh	0	690
Prod. para cons. perm.		(P_{cp}) MWh	12413	13260
Prod. para cons. não perm.		(P_{cnp}) MWh	1050	2301
TOTAL		$P_T + (I-Ex)$ MWh	13463	15561
Características dos diagramas	$P_T + (I-Ex)$	Potência máx. MW	736	850
		Potência mín. MW	331	392
		Utiliz. da ponta horas	18,3	18,3
		Factor de carga	0,76	0,76
	P_{cp}	Potência máx. MW	689	752
		Potência mín. MW	283	293
		Utiliz. da ponta horas	18,0	17,6
		Factor de carga	0,75	0,73

NOVEMBRO



IV — Energia armazenada nas principais albufeiras

Albufeiras:	No fim do mês GWh	No fim do mês % (1)
Alto Rabagão	208,2	21,4
Paradela	39,6	17,8
Venda Nova	125,5	98,0
Salamonde	25,6	92,8
Caniçada	31,2	94,3
Vilar	62,3	67,3
Cabril	291,2	85,8
Castelo do Bode	122,6	75,2
Guilhofrei	8,1	97,6
Lagoa Comprida	3,4 (2)	0,0
Santa Luzia	47,5	77,1
Pracana	11,8	91,5
Póvoa	6,6 (3)	51,9
Total { com A. Rabagão . . .	983,6	46,6
Total { sem A. Rabagão . . .	775,4	68,3

NOTAS

(1) Coeficiente de enchimento em energia das albufeiras,

(2) Inclui 3,2 GWh armazenados em Vale do Rossim no início do mês e 3,4 GWh no fim do mês.

(3) Inclui 0,6 GWh armazenados no açude do Poio no início do mês e 1,2 GWh no fim do mês.

(*) *Elementos extraídos das estatísticas mensais do Repartidor Nacional de Cargas (R. N. C.). As produções e os consumos das empresas do R. N. C. representam cerca de 94 % dos totais do País.*

HELIAÇO

VARÕES DE AÇO DE ALTA RESISTÊNCIA PARA BETÃO ARMADO TIPO A. 40
(«Heliaço» e «SNT 40»)

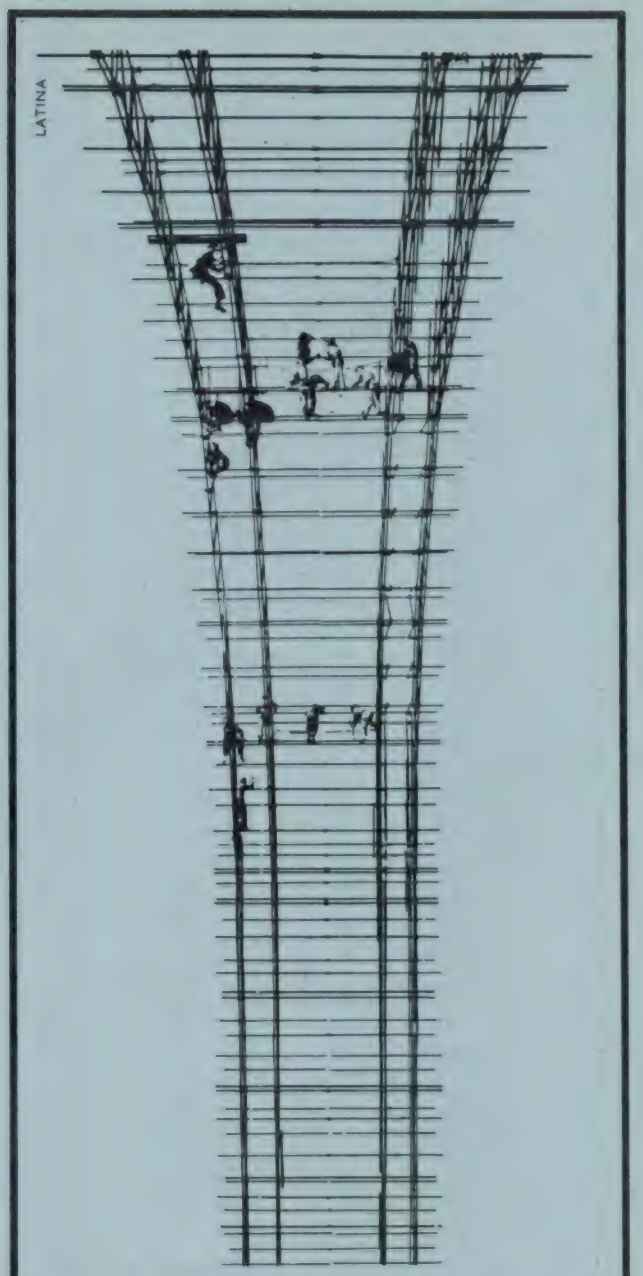
TENSÕES DE SEGURANÇA
Ra = 2400 kg/cm²
e
Ra = 4000 kg/cm² (SISMOS)

Literatura e Tabelas de Cálculo fornecidas gratuitamente

HELIAÇO, LDA.

R. DE S. JULIÃO, 41, 4.º D. — LISBOA

Tel.: 36 78 17 - 32 37 06 - 36 94 77



A INDÚSTRIA EXIGE

BOSCH

Aparafusadoras · Rebarbadoras
Serras eléctricas · Berbequins

ROBERT BOSCH (PORTUGAL) LDA.
LISBOA - PORTO
Assistência Técnica em todo o país

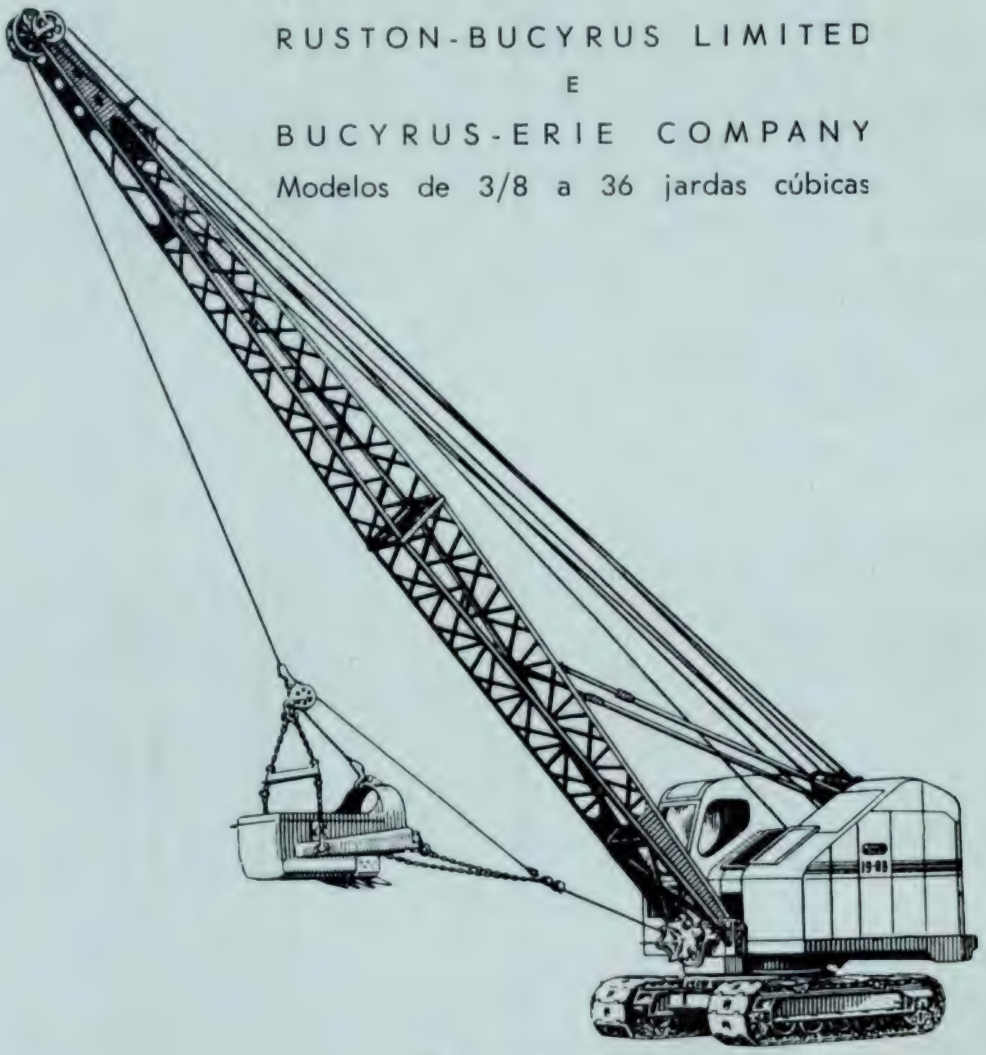
ESCAVADORAS

RUSTON-BUCYRUS LIMITED

E

BUCYRUS-ERIE COMPANY

Modelos de 3/8 a 36 jardas cúbicas



Escavadoras modelo 19 RB,

As escavadoras RUSTON-BUCYRUS e BUCYRUS-ERIE são as mais conhecidas mundialmente e as mais utilizadas em todo o território português

Stock permanente de peças sobresselentes ★ Oficina de reparações
Técnicos e mecânicos especializados ★ Ensino e treino de operadores

Representantes exclusivos para Portugal Continental e Ultramarino

MONTEIRO GOMES, LIMITADA

RUA CASCAIS, 47 (ALCÂNTARA) ★ **LISBOA**

LUANDA LOURENÇO MARQUES

C. D. U. 624.07 [016]

DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURAS TIPO «SANDUICHE»

por C. M. ALVES RIBEIRO
Eng.º Químico-Industrial

RESUMO

É feito um estudo económico dos materiais duma estrutura sanduíche a partir das suas propriedades mecânicas

SYNOPSIS

A cost perfomance study of the materials used in a sandwich structure is made on the basis of the stiffness they impart to sandwuich panels.

1 — INTRODUÇÃO

Uma das vantagens em substituir vigas maciças por estruturas tipo «sanduiche» — estruturas caracterizadas por um núcleo leve que mantém separadas duas faces de elevada densidade — consiste num incremento de rigidez em relação ao peso.

O dimensionamento duma estrutura deste tipo envolve a escolha do material do núcleo e das faces.

Pretendemos encontrar critérios que nos informem da rentabilidade de uma determinada formulação, em especial daquelas em que os núcleos são fOrmados por espumas sintéticas e as faces por laminados resina/fibra de vidro.

As estruturas tipo «sanduíche» têm tido uma aplicação muito vasta, mas aquelas cujas faces são de laminados resina/fibra de vidro visam essencialmente fins estruturais.

Neste caso a sua técnica de emprego tem sofrido uma evolução longa cujos inícios se podem situar na indústria aeronáutica. O maior consumo actual é na construção civil em paredes e coberturas, e nas aplicações onde sendo essencial o isolamento térmico há contudo necessidades de carácter estrutural como por exemplo na indústria de transporte.

Nesta variedade de aplicações parece poder haver lugar para todas as combinações possíveis. O essencial é saber equacionar cada caso o que implica o conhecimento do comportamento de cada formulação e da tecnologia de cada material.

2 — CÁLCULOS

Em Junho de 1964, Robert Darvas [1] estabeleceu um critério de dimensionamanto que conduzia à solução mais rígida, para um dado preço total:

$$\frac{t_c}{t_s} = \frac{2\left(1-\frac{P_c}{P_s}\right) + \sqrt{\left(2-\frac{P_c}{P_s}\right) - \frac{E_c}{E_s}\left(4-3\frac{P_c}{P_s}\right)}}{\frac{P_c}{P_s} - \frac{E_c}{E_s}}$$

t_c, p_c, E_c : espessura, preço por unidade de volume e módulo de elasticidade do núcleo (core)

t_s, p_s E_s : idem para as faces (skin)

Chegou-se assim a uma formulação partindo das características dos materiais a empregar.

Interessa-nos agora pôr o problema de outra maneira, a fim de precisamente poder investigar a versatilidade desses materiais.

2.1 — Estudo das composições dos laminados resina/fibra de vidro

Suponha-se então que se fixa a espessura do núcleo, t_c e o material de que ele é formado, portanto E_c. Corresponde ao caso de uma espuma que não possa ser formada no sítio (foamed-in-situ) aparecendo no mercado sob a forma de placas de espessura standard.

Sendo E_c constante do factor de rigidez só tem interesse estudar o momento de inércia I do núcleo equivalente [1].

$$I = \frac{b}{12}\left[t_c^3 + 6\,\frac{E_s}{E_c}\,t_s\,(t_c + t_s)^2 \right]$$

(b: largura da viga)

$$= \frac{b}{12}\left[t_c^3 + \frac{6t_c^2}{E_c}\,E_s t_s + \frac{12 t_c}{E_c}\,E_s t_s^2 + \frac{6}{E_c}\,E_s t_s^3 \right]$$

ou

$$I = \frac{b}{12}\left[t_c^3 + k_1\,E_s\,t_s + k_2\,E_s\,t_s^2 + k_3\,E_s\,t_s^3 \right]$$

Para um dado factor de rigidez $E_c I_o$:

$$E_s = \frac{\frac{12}{b}\,I_o - t_c^3}{k_1\,t_s + k_2\,t_s^2 + k_3\,t_s^3} = \frac{k_o}{k_1\,t_s + k_2\,t_s^2 + k_3\,t_s^3}$$

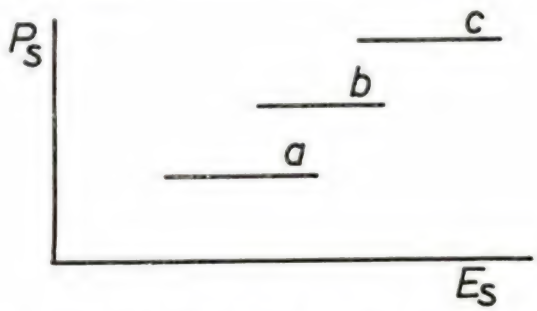
Existe portanto uma infinidade de pares (E_s, t_s) que conduzem à mesma rigidez.

(1) Método análogo ao do «equivalent concrete» para o betão. [1]

O preço da unidade de área é proporcional a t_s;

$$P = P_s\,t_s$$

sendo P_s função de E_s: $P_s = p_s^*(E_s)$. Contudo esta função não é contínua nem unívoca. Para uma mesma resina:

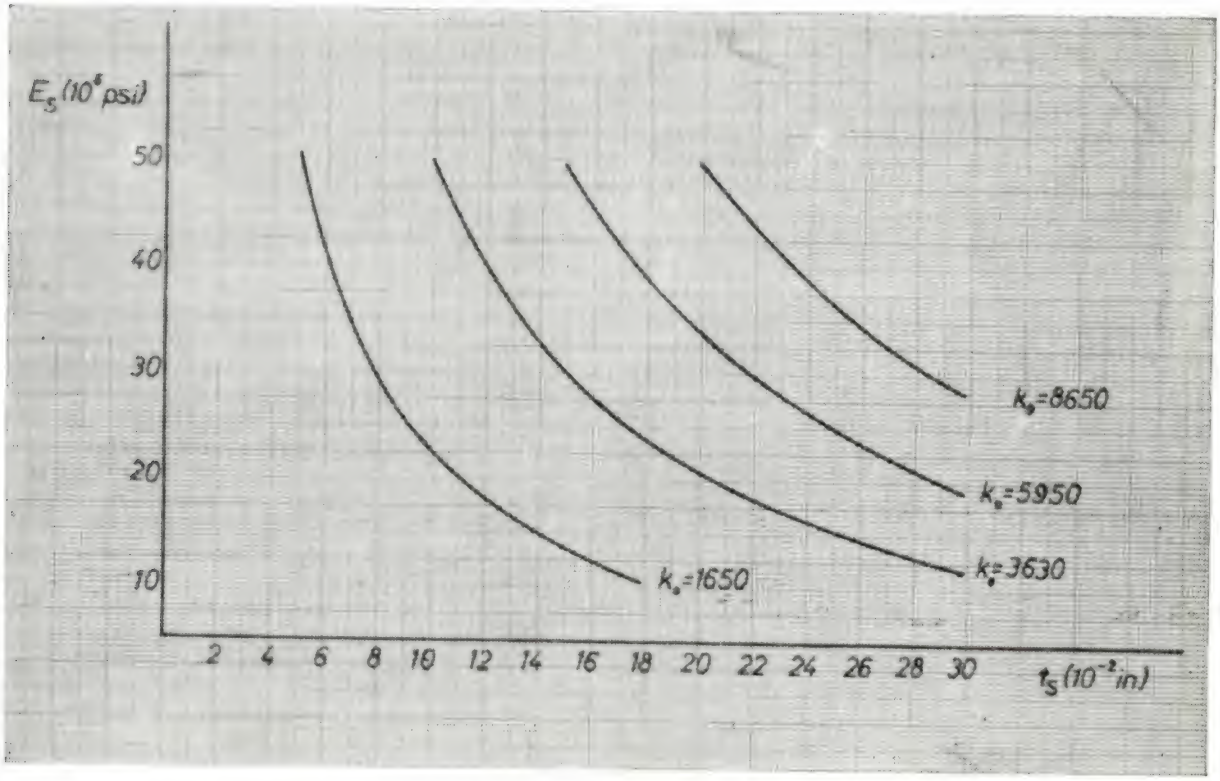


a, b, c são três qualidades de fibra de vidro. Portanto é impossível estabelecer equações de minimização.

Como os domínios de E_s e t_s são restritos na prática, propõe-se a solução do problema no traçado das curvas I = Cte num diagrama E_s t_s.

Apresenta-se um diagrama com quatro curvas $E_s = f\,(t_s)$ para quatro valores de I. Considerou-se para o seu cálculo um núcleo de espuma de poliuretano rígida com os seguintes parâmetros:

$$E_c = 1.000 \text{ p.s.i}, \quad t_c = 1 \text{ in.}$$



Com base neste diagrama suponha-se agora que em idênticas condições operatórias se podem obter os seguintes laminados [2]:

A — Resina Epoxy/Glass Mat; $E_s = 25 \times 10^5$ psi; $p_s = 26{,}5$ Esc/1b.

B — Resina Epoxy/Glass Cloth; $E_s = 40 \times 10^5$ psi; $p_s = 32{,}0$ Esc/1b.

Para espessuras t_s de 0,05 a 0,15 in. (que são frequentes na prática) podemos atingir uma rigidez como a representada na primeira curva em que $k_o = 1650$.

Então para esta rigidez será:

$$t_s\ (A) = 0{,}093 \text{ in.}$$

$$t_s\ (B) = 0{,}062 \text{ in.}$$

a que correspondem preços por unidade de superfície

$$P\ (A) = 24{,}7 \text{ Esc}$$

$$P\ (B) = 19{,}9 \text{ Esc}$$

Portanto, a solução mais económica é a que emprega o material mais caro por unidade de volume.

Considere-se agora mais estes dois laminados [2]:

C — Resina Polyester/Glass Mat; $E_s = 15 \times 10^5$ psi; $p_s = 14{,}8$ Esc./lb

D — Resina Polyester/Glass Cloth; $E_s = 25 \times 10^5$ psi; $P_s = 21{,}2$ Esc/lb

Obtém-se a mesma rigidez dos casos anteriores com as espessuras

$$t_s\ (C) = 0{,}140 \text{ in.}$$

$$t_s\ (D) = 0{,}093 \text{ in.}$$

a que correspondem preços por unidade de superfície

$$P\ (C) = 20{,}8 \text{ Esc}$$

$$P\ (D) = 19{,}7 \text{ Esc}$$

Verifica-se que:

a) Os laminados com Glass Gloth são preferíveis

b) Os laminados B e D são econòmicamente equivalentes

2.2 Estudemos agora como se comporta o material do núcleo. Fixemos portanto desde já E_s e t_s e retomemos a expressão do momento de inércia do núcleo equivalente:

$$I = \frac{12}{b}\left[t_c^3 + 6\,\frac{E_s}{E_c}\,t_s\,(t_c + t_s)^2\right]$$

donde

$$\frac{b}{12}\,IE_c = E_c\,t_c^3 + (6\,E_s\,t_s)\,t_c^2 + $$

$$+ (12\,E_s\,t_s^2)\,t_c + (6\,E_s\,t_s^3)$$

ou

$$\frac{12}{b}\,IE_c = c + a\,E_c$$

portanto uma recta, $y = c + ax$, para cada valor de t_c, em que a variável independente é o módulo de elasticidade do núcleo e a dependente representa a rigidez. As constantes valem respectivamente

$$a = t_c^3$$
$$c = k_1\,t_c^2 + k_2\,t_c + k_3$$

sendo

$$k_1 = 6\,E_s\,t_s$$
$$k_2 = 12\,E_s\,t_s$$
$$k_3 = 6\,E_s\,t_s^3$$

O espaço yx fica assim dividido por uma infinidade de rectas $y = c + ax$ que correspondem a uma infinidade de valores de t_c. Essas rectas contudo nunca se cruzam no espaço real ($E_c > O$). Consideremos então uma paralela ao eixo das abcissas $y = c_3$ e determinemos a sua intersecção com duas rectas $y = c + ax$ infinitamente vizinhas.

$$\begin{cases} y = c_1 + a_1\,x \\ y = c_2 + a_2\,x \qquad (c_3 > c_2 > c_1) \\ y = c_3 \end{cases}$$

donde

$$\begin{cases} x_1 = \dfrac{c_3 - c_1}{a_1} \\[2ex] x_2 = \dfrac{c_3 - c_2}{a_2} \end{cases}$$

e

$$-\Delta x = x_1 - x_2 = \frac{a_1 c_2 - a_2 c_1 + a_1 c_3 - a_2 c_3}{a_1 a_2};$$

como as rectas são infiinitamente vizinhas

$$a_1 \sim a_2 = a,$$

portanto

$$-\Delta x = \frac{c_2 - c_1}{a}$$

Mas

$$c_1 = k_1 t_c^2 + k_2 t_c + k_3$$

$$c_2 = k_1 (t_c + \Delta t_c)^2 + k_2 (t_c + \Delta t_c) + k_3$$

donde

$$-\Delta x = \frac{c_2 - c_1}{a} = \frac{2 k_1 t_c + k_2}{t_c^3} \Delta t_c$$

Como $\Delta x = \Delta E_c$ resulta que

$$-\Delta E_c = \frac{2k_1 t_c + k_2}{t_c^3} \Delta t_c$$

Esta expressão dá-nos a variação que deverá sofrer E_c para que, variando t_c de Δtc, a rigidez da estrutura se mantenha, uma vez fixados E_s e t_s.

Por exemplo para $E_s = 25 \times 10^5$ psi e $t_s = 0{,}1$ in. é $k_1 = 15 \times 10^5$ e $k_2 = 3 \times 10^5$. Donde, para $t_c = 1$ in.,

$$\Delta E_c = 33 \times 10^5 \Delta t_c$$

Significa que a espessura do núcleo é muitíssimo mais importante que o seu módulo de elasticidade para a rigidez total do conjunto.

Pode-se concluir que, sem atender a outros factores o material de menor preço por unidade de volume é o mais económico.

3 — CONCLUSÃO

Os laminados resina fibra de vidro apresentam uma versatilidade notável. Permitem várias combinações e em certos domínios do diagrama E_s t_s as resinas epoxy e as polyester conduzem a soluções econòmicamente equivalentes.

Quanto às espumas sintéticas, dado o valor relativamente baixo do seu módulo de etasticidade, a versatilidade económica decorrente do seu comportamento estatico é nula ou quase.

Portanto só haverá dúvidas quanto à sua escolha se os factores tecnológicos pesarem substancialmente na economia do processo. E então são esses mesmos factores que poderão decidir do emprego deste ou daquele laminado de entre os econòmicamente equivalentes.

Esses factores tecnológicos são importantes por serem bem diversas as características dos materiais em jogo:

	Custo	Res. Mecânica	Adesividade	Obs.
Res. Polyester	baixo	boa	fraca	dissolve o PS expandido
Res. Epoxy	elevado	muito boa	muito boa	
Glass Mat	médio	fraca		
Glass Cloth	elevado	boa		
PS expandido	baixo	muito fraca	nula	em placas
PU rígido	elevado	muito fraca	boa	foamed-in-situ

PS — Polystyrene (Poliestireno); PU — Polyurethane (poliuretano)

Referências:

[1] Robert Darvas, Plast. Eng.. 125. June 64

[2] Modern Plastics Encyclopedia 1965

DO MUNDO TÉCNICO

COMPENSAÇÃO DO FACTOR DE POTÊNCIA EM BAIXA TENSÃO

N. R. — Ao publicar este artigo a TÉCNICA atendeu ao interesse didáctico que pode ter para os alunos da Electrotecnia.

C. D. U. 621.355-52 : 621.316.727 : 621.311.027.2

É universalmente admitido que um bom factor de potência é um elemento favorável e para o qual se deve tender sempre que possível. É de estranhar portanto que os consumidores industriais de energia eléctrica se contentem habitualmente com uma compensação do factor de potência até um valor ainda bastante inferior à unidade, vulgarmente até cerca de 0,85; este facto resulta de, por um lado, esses consumidores temerem a sobrecompensação, e por outro lado, suporem não ser econòmicamente apreciável a correcção do cos φ de 0,85 a 1.

Com efeito, a bateria de condensadores desenvolve uma energia reactiva constante, ao passo que, na maior parte dos casos a carga é variável em potência

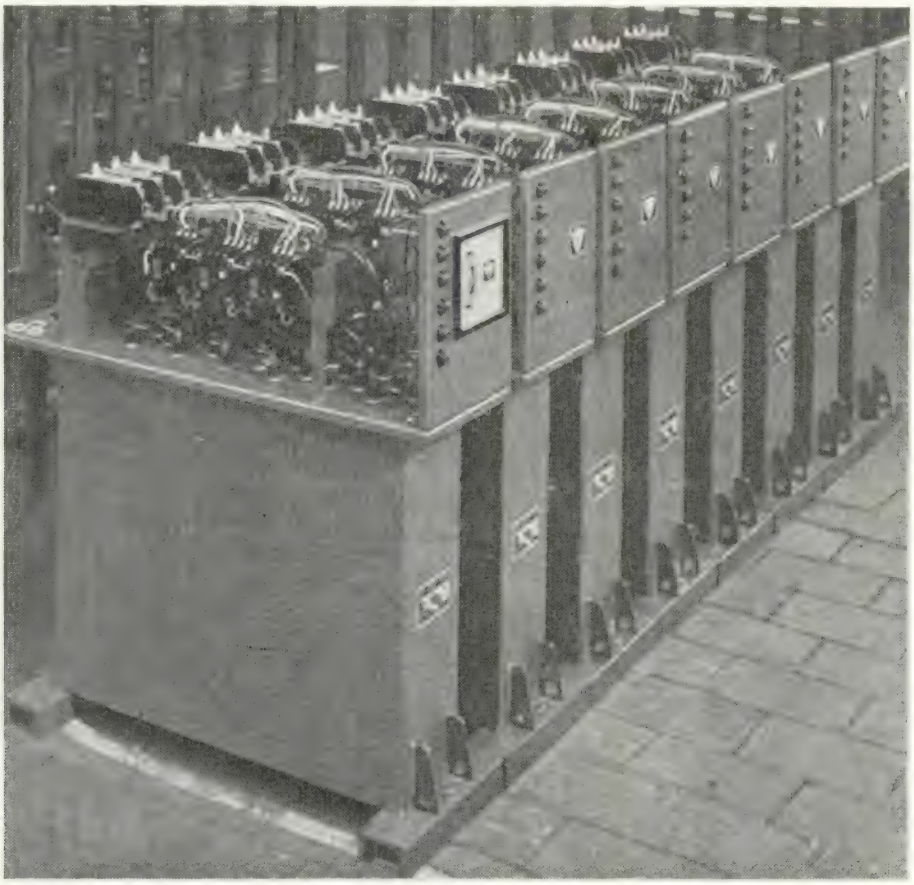


Fig. 1. — Bateria automática de condensadores composta de 8 elementos de 60 kVA a 300 V, em ensaios.

e desfasagem; pode assim resultar que, em determinadas circunstâncias, e nomeadamente no caso de uma bateria de grande capacidade com uma pequena carga que tenha um bom cos φ, o factor de potência do conjunto seja de natureza capacitiva, que é tão pouco desejável como a natureza indutiva e de qualquer modo proibido e mesmo penalisado por certas redes.

Esta opinião, ainda que fundamentada e tendo prevalecido durante os trinta últimos anos, já não é de aceitar, dado que o consumidor pode dispor de uma bateria de condensadores que siga automàticamente as variações do cos φ só metendo em serviço o número de elementos necessários para levar este, em cada instante, até à unidade. É, portanto, sempre vantajoso, actualmente, melhorar o cos φ até este valor e a economia realizada é por vezes tal que o suplemento de capital investido na instalação da aparelhagem é ràpidamente amortizado.

Além da ausência de penalisação por um mau factor de potência ou melhor, a atribuição de um bónus no caso inverso, existem outras vantagens frequentemente descuradas que resultam da compensação do factor de potência; citaremos em particular:

A — A diminuição da corrente na linha e das perdas de Joule; o valor capitalizado nestas últimas não é de desprezar.

B — A possibilidade de dispor uma potência útil suplementar no caso de um transformador sobrecarregado trabalhando com um cos φ de 0,8; com efeito, a psssagem de um factor de potência de 0,8 a 1 torna disponível aproximadamente tanta potência útil como a passagem de 0,6 a 0,8.

C — O aumento da potência admitida numa linha por redução das quedas de tensão, quando estas constituem o factor limitador. Este aumento é linear para valores inferiores a 0,8; para lá deste valor o seu crescimento é muito mais rápido.

D — A manutenção num valor aceitável da tensão da rede num ponto determinado.

I

Vantagens dum bom factor de potência

A. *Diminuição da corrente na linha e das perdas por efeito de Joule*

Para uma mesma potência activa transportada, o aumento do cos φ reduz a corrente na linha. Este facto resulta das expressões:

$$P = \sqrt{3}\, E\, I_1 \cos \varphi_1 = \sqrt{3}\, E\, I_2 \cos \varphi_2$$

nas quais se supõe, para simplificar, E constante, sendo cos φ_1 e cos φ_2 os factores de potência antes e depois da compensação.

Utilizando estas fórmulas encontramos a expressão algébrica que dá a redução das perdas de Joule iniciais, cujo valor é:

$$1 - \left(\frac{\cos \varphi_1}{\cos \varphi_2}\right)^2$$

Podem ainda apresentar-se estes resultados sob a forma de curvas expressas em percentagem das perdas correspondentes ao cos φ_1 inicial.

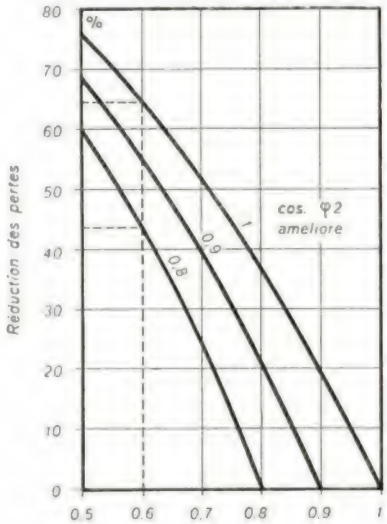


Fig. 2. — Curvas dando para o cos φ corrigido, a redução das perdas em % das que se verificavam com o cos φ inicial.

Nestas curvas pode ler-se que a uma correcção do factor de potência de 0,6 a 0,8 corresponde uma redução das perdas de Joule de 44 %, enquanto a passagem de 0,6 para a unidade as reduz de 64 %, ou seja, de 20 pontos suplementares.

Estes números são conhecidos, mas, na generalidade, não se atribui grande importância ao montante real da economia anual realizável nem sequer no respeitante às perdas na linha; estas últimas, escusado será dizer-se, dependem do preço do quilowatt e, para as avaliar, lancemos mão de um exemplo numérico. Seja o caso de uma instalação trifásica a 380 V, absorvendo 506 A sob um cos φ = 0,6 e alimentada por um cabo de 80 m de comprimento e de 2×185 mm² de secção. A potência da instalação é portanto de 200 kW, correspondentes a 333 kVA.

Levando o cos φ de 0,6 a 0,8 a corrente diminui de 506 A para cerca de 380 A.

Para 506 A, as perdas na linha por efeito de Joule elevam-se a

$$\frac{0{,}0175 \times 80 \times 3}{2 \times 185} \times 506^2 = 2900 \text{ W}$$

Corrigido o cos φ de 0,6 para 0,8 a redução das perdas (segundo a figura 2) será de 44 %, portanto

$$0{,}44 \times 2900 = 1170 \text{ W}$$

e tomando como base uma utilização de 300 dias de 8 horas por ano, a economia anual, apenas no trans-

porte, será (considerando por exemplo o kWh a 1,50 F)

$$1170 \times 8 \times 300 \times 1{,}50 = 4\,200 \text{ F}$$

No caso em que a contagem se faça em alta tensão, poderá realizar-se um cálculo similar para as perdas no transformador.

Pode também calcular-se a economia realizada no caso de uma utilização de 300 dias de 24 horas (serviço contínuo). Esta elevar-se-á a 12 600 F.

Para um cos φ corrigido, não até 0,8, mas até à unidade, a redução das perdas de Joule atinge 64 % e a economia anual eleva-se respectivamente a 6 600 F e 19 800 F respectivamente nos 1.º e 2.º casos.

A entrada em serviço de baterias de condensadores de manobra automática permite atingir sem riscos um factor de potência igual à unidade constituindo, portanto, uma fonte de economias suplementares importantes.

B. *Potência aparente suplementar disponível no transformador.*

O diagrama clássico das potências representado na fig. 3 mostra:

$\overline{OA}$ — potência útil debitada.
$\overline{OC}$ — potência aparente necessária sob cos φ_1.
$\overline{OB}$ — potência aparente necessária sob cos φ_2.

A potência aparente tornada disponível sob cos φ_2 para a mesma instalação é, portanto, $\overline{BB'}$.

$$\overline{BB'} = \overline{OC} - \overline{OB} = \overline{OA} \left(\frac{1}{\cos \varphi_1} - \frac{1}{\cos \varphi_2} \right)$$

A potência aparente suplementar, tornada disponível *conservando a mesma potência útil debitada,* é pois

$$\text{k VA} = \text{kW} \left(\frac{1}{\cos \varphi_1} - \frac{1}{\cos \varphi_2} \right)$$

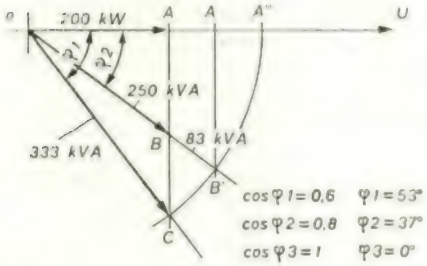


Fig. 3. — Diagrama dando a potência útil duma instalação e as potências aparentes correspondentes a diversos cos φ.

Traduzida em curvas (fig. 4) a equação atrás escrita, fornece, *por quilowatt de carga, a potência aparente recuperada.*

Seja por exemplo, uma mesma carga de 200 kw de que se deseja corrigir o factor de potência de 0,6 para 0,8; o diagrama indica que se recupera cerca de 0,42 kVA por kW, isto é, neste caso 83 kVA. Levando a correcção de 0,8 até à unidade, a recuperação suplementar eleva-se de 0,25 kVA por kW, isto é, de mais 50 kVA, o que, podendo parecer muito menos interessante, corresponde, na realidade, a uma potência útil importante.

Com efeito, estabelecendo o balanço final no caso de um transformador de 350 kVA, debitando a carga acima referida de 200 kW, o diagrama mostra que:

— com cos $\varphi_1 = 0{,}6$ ficam disponíveis 350-333 = 17kVA, portanto 10,2 kW possíveis, sob o mesmo cos $\varphi_1 = 0{,}6$;
— com cos $\varphi_2 = 0{,}8$ ficam disponíveis 17 + 83 = 100 kVA, a que correspondem 80 kW;
— com cos $\varphi_2 = 1$, ficaram 17 + 133 = 150 kVA, a que correspondem 150 kW, a esse mesmo valor de cos φ_2.

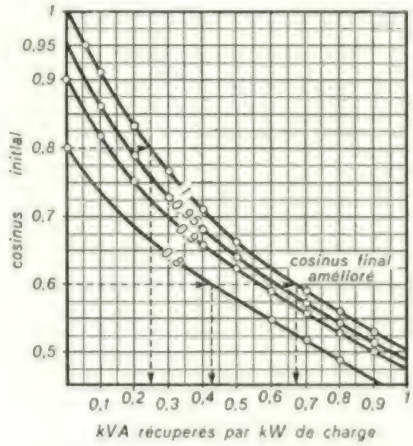


Fig. 4. — Curvas dando a potência aparente recuperada por quilowatt de carga, sob diferentes cos φ.

Em conclusão, a passagem de cos $\varphi_1 = 0{,}6$ a cos $\varphi_2 = 0{,}8$ torna utilizáveis 80 kw suplementares, enquanto a correcção total do factor de potência, isto é, até à unidade, permite atingir uma potência suplementar de 150 kW, ou seja, de quase o dobro.

Isto prova o interesse da *manobra automática que, sem perigo, permite manter o cos φ com um valor unitário.*

C. *Aumento da potência transmissível por redução das quedas de tensão, quando estas constituam o factor limitador da carga.*

A queda de tensão ΔU num condutor de resistência R e indultância ωL, percorrido por uma corrente I, desfasada de um ângulo φ sobre a tensão na extremidade receptora, é dada em primeira aproximação, por:

$$\Delta U = I\,(R \cos \varphi + \omega L \operatorname{sen} \varphi) \qquad (1)$$

No caso de uma rede com uma queda de tensão

máxima admissível de $\eta\,^0/_0$, a potência máxima transmissível é:

$$W_m = UI\sqrt{3}\cos\varphi \qquad (2)$$

$$\text{com } \Delta U = \frac{\eta U}{\sqrt{3}} \qquad (3)$$

Das equações (1) (2) (3), tira-se

$$W_m = \frac{\eta U^2}{R + \omega L \operatorname{tg}\varphi} \qquad (4)$$

Aplicando a expressão (4) ao caso de uma linha a 380 V e com 600 m de comprimento e $3 \times 50\ mm^2$ de secção, na qual $\omega L = 0{,}175\ \Omega$ a 50 Hz, $R = 0{,}22\ \Omega$, $\eta = 5\,^0/_0$ e traduzindo gràficamente as variações de W_m em fundo cos φ encontra-se a curva da fig. 5.

A partir de cos $\varphi = 0{,}4$ a capacidade de transporte da linha cresce mais ou menos de forma linear até ao valor de cos $\varphi = 0{,}8$; para valores superiores a 0,8 *cresce de forma muito mais rápida.*

Pelo cálculo obtém-se:

Para cos $\varphi = 0{,}65$	$W_m = 16{,}4$ kW
Para cos $\varphi = 0{,}80$	$W_m = 20{,}6$ kW
Para cos $\varphi = 1$	$W_m = 33$ kW

Vemos que, passando de cos $\varphi = 0{,}65$ a cos $\varphi = 1$, *a potência transmissível, com uma mesma queda de tensão, pode ser duplicada.*

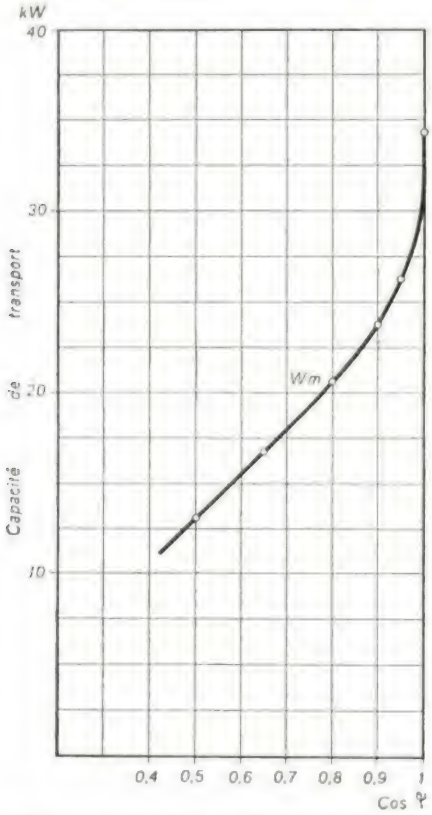


Fig. 5. — Curva mostrando o andamento da potência máxima trasmissível por uma linha dada, em função do factor de potência da carga.

D — *Manutenção da queda de tensão num ponto determinado a um nível mínimo.*

É o caso particular das linhas de distribuição a baixa tensão sobrecarregadas e alimentando oficinas cujo factor de potência total é mau.

As quedas de tensão excessivas podem ser prejudiciais ao bom funcionamento dos motores (rendimento, aquecimento, factor de potência e binário).

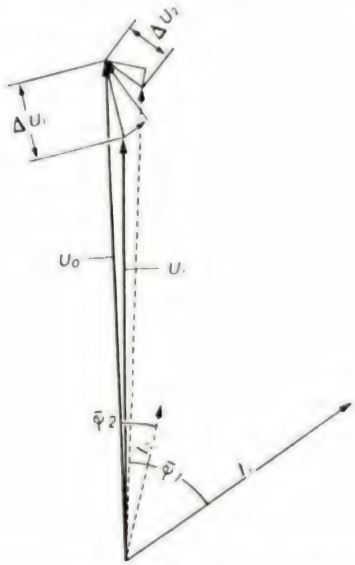


Fig. 6. — Diagrama vectorial das quedas de tensão (ΔU_1 e ΔU_2) num determinado ponto, consideradas, respectivamente, para cos φ_1 e cos φ_2.

Neste caso igualmente, os condensadores desempenham uma função extremamente benéfica.

O mecanismo da diminuição das quedas de tensão por intermédio de condensadores está claramente expresso no diagrama vectorial acima (fig. 6), no qual:

U_0 e U_1 são as tensões, respectivamente, no princípio e no fim da linha sem condensador.

ΔU_1 é a queda de tensão para uma corrente I_1 sob cos φ_1 (sem condensador).

ΔU_2 é a queda de tensão após a correcção do factor de potência, correspondente a uma corrente I_2 menor que I_1 e a um factor de potência cos $\varphi_2 >$ cos φ_1, com $\varphi_1 > \varphi_2$. Como se vê pelo diagrama $\Delta U_2 < \Delta U_1$.

O aumento de tensão produzido pela inserção de um condensador na extremidade receptora da linha de distribuição, cuja tensão é mantida constante no princípio, pode calcular-se pela fórmula prática:

$$\varepsilon_L = \frac{X\,L\,Q_n}{10\,U_n^2}$$

onde

ε_L é o aumento da tensão na extremidade da linha expressa em $^0/_0$.

X a reactância unitária da linha em Ω/km

L o comprimento da linha em km

Q_n potência nominal do condensador em kVAr
U_n tensão nominal do condensador em kV

Seja por exemplo uma linha trifásica de 600 m, alimentada a 380 V, no extremo da qual se insere um condensador de 60 kVAr.

Se esta linha tiver uma reactância $X = 0{,}333\ \Omega/km$ a 50 Hz, o aumento de tensão, em %, na extremidade será:

$$\varepsilon_L = \frac{0{,}333 \times 0{,}6 \times 60}{10 \times 0{,}380^2} = 8{,}3\ \%$$

Por outro lado, o acréscimo de tensão devido à ligação de um condensador nos terminais BT de um transformador de distribuição pode calcular-se pela fórmula

$$\varepsilon_T = \frac{Q_n}{P}\ U_{cc}$$

Onde:

ε_T acréscimo da tensão nos terminais do tranformador em %
Q_n potência nominal do condensador em kVAr
P potência nominal do transformador em kVA
U_{cc} tensão de curto-circuito.

Por exemplo, se considerarmos um transformador de 200 kVA com uma tensão de curto-circuito de 4 % e aos terminais do qual se liga um condensador de 60 kVAr, o acréscimo de tensão será de:

$$\varepsilon_T = \frac{60 \times 4}{200} = 1{,}2\ \%$$

Num caso específico, e com a colaboração da rede, foi possível medir os seguintes valores no posto de chegada, perto da oficina de um artífice de importância média situado na extremidade de uma linha, numa região rural.

Tensão nominal da rede	230 V
Tensão em carga sem condensador . .	218 V
Tensão em carga com condensador . .	225 V

Subentende-se que, em vazio, a bateria deve encontrar-se desligada.

Como conclusão desta exposição resulta que a correcção do factor de potência, até ao seu valor máximo, comporta sempre, e particularmente para oficinas de importância média, vantagens económicas substanciais que se traduzem a maior parte das vezes numa utilização muito melhor do material existente.

II

Exemplo de facturação de energia industrial afectada de um mau factor de potência

É sempre interessante dispôr-se de um exemplo concreto; o leitor encontrará pois seguidamente os elementos de base de cálculos que conduzem à facturação de energia industrial consumida numa instalação que tem um mau factor de potência. Estes elementos são extraídos duma factura recebida por um industrial tratando-se pois de um caso prático, utilizado no sentido de pôr em evidência as economias realizadas pelo emprego de condensadores.

Dados gerais:

— Tensão de serviço: 220 V — 50Hz trifásico.
— Horas de trabalho por mês 250.

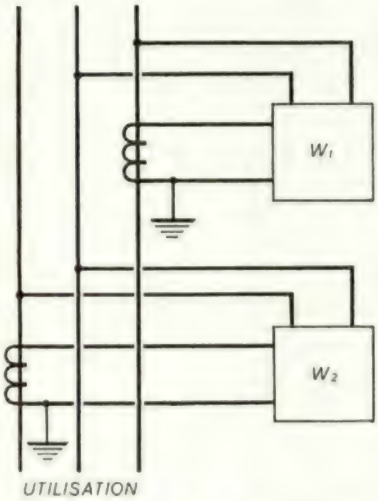


Fig. 7. — Esquema de ligação de dois wattimetros W_1 e W_2 permitindo determinar pelo cálculo o cos φ duma instalação.

— Multas de 0,5 % por ponto para valores abaixo de cos $\varphi = 0{,}8$.
— Não há bónus para cos φ superior a 0,8. (Note-se que algumas redes sobrecarregadas concedem um bónus para um factor de potência tal que: $0{,}8 < \cos\varphi < 0{,}9$).

Dados particulares e exame de factura

a) Elementos lidos nos contadores:

— Consumo de dia: 12.300 kWh
— Consumo de noite: 500 kWh
— Indicações do contador monofásico $W_1 = 13920\ (+)$
— Indicações do contador monofásico $W_2 = 1000\ (-)$
— Potência quarto-horária (1): 80 kW

(1) Potência média correspondente a um intervalo de quarto de hora.

b) cos φ calculado = 0,56

c) coeficientes intervenientes na facturação

$$R = 1{,}12;\ H = 1{,}240;\ C = 0{,}810$$

Cálculo do cos φ

A factura indica cos φ = 0,58

Habitualmente, o cos φ médio é determinado através da expressão clássica

$$\cos\varphi = \frac{kWh}{\sqrt{kW^2 + kVArh^2}}$$

cujos valores são dados por dois contadores trifásicos respectivamente de energia activa e de energia reactiva.

No caso presente, a rede utiliza o método dos dois wattimetros monofásicos, válido no caso de cargas equilibradas aplicadas a dois contadores monofásicos ligados segundo o esquema apresentado na fig. 7.

O factor de potência pode ser deduzido da razão das duas leituras segundo a expressão clássica:

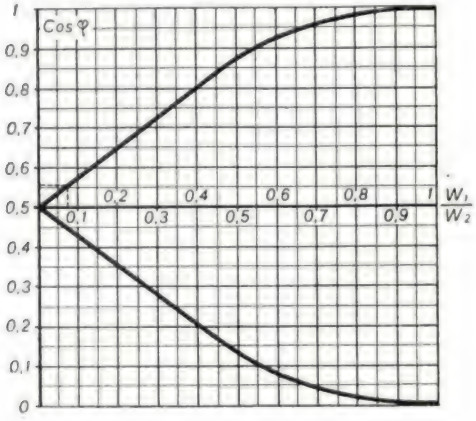


Fig. 8. — Curvas que permitem ler directamente o cos φ duma instalação em função da razão $K = \frac{W_1}{W_2}$ das indicações dos dois wattimetros da fig. 7.

$$\cos\varphi = \frac{1 + K}{2\sqrt{1 - K + K^2}}$$

com $K = \frac{W_1}{W_2}$ e W_1 e W_2 respectivamente os valores dados pelos dois wattimetros.

Para cos φ = 0,5, um dos aparelhos marca zero.

Para cos φ = 1 ou cos φ = O, ambos indicarão o mesmo valor.

Quando o cos φ é menor que o 0,5 um dos instrumentos dará indicações de sinal contrário, de modo que o valor de K virá negativo.

Substituindo W_1 e W_2 pelos valores de 1000 e 13920 lidos nos dois contadores monofásicos, obteremos

$$K = \frac{W_1}{W_2} = \frac{1000}{13920} = 0{,}0718 \simeq 0{,}072$$

Este valor substituído na expressão do cos φ dará

$$\cos\varphi = \frac{1 + 0{,}072}{2\sqrt{1 - 0{,}072 + 0{,}072^2}} = \frac{1{,}072}{1{,}93} \simeq 0{,}56$$

Este resultado obtém-se muito mais fàcilmente a partir da curva apresentada na fig. 8.

O cos φ indicado na factura, 0,56, deve ser considerado realmente como um cos φ *médio* pois que provém de valores totalizados no *consumo de um mês*.

Na prática, o cos φ instantâneo flutua todo o dia ao acaso das utilizações (segundo o seu emprego, a plena carga ou em vazio, sua natureza, etc.).

O valor de 80 kW, indicação dada por um contador quarto-horário, representa apenas um valor de referência que permite calcular o preço da primeira parcela, sendo levadas em conta as horas de utilização.

Cálculo do preço de energia consumida

No caso tomado como exemplo a factura apresentava possibilidades, representadas por três expressões, permitindo calcular o custo do consumo e fazendo intervir os coeficientes R, H e C.

1) De 0 a 150 horas =

$(1{,}6 - 0{,}15) \times e \times R \times H \times kWh = 1{,}63 \times 12000 =$
$= 19572$ F.

2) Além de 150 horas

$0{,}90 \times C \times R \times H \times kWh = 1{,}012 \times 300 = 304$ F

3) Consumo nocturno $= 0{,}50 \times H \times R \times kWh =$
$= 0{,}694 \times 500 = 347$ F.

Não nos compete aqui analisarmos os coeficientes C e H que servem para o cálculo do preço de base do kWh.

À data do exemplo citado, H valia 1,24 (ver dados da factura).

O coeficiente C entra em conta com a importância da parcela designada por potência quarto-horária e vale:

0,81 de 0 a 99 kW
0,78 de 100 a 199 kW, etc.

Quanto ao coeficiente R, representa o aumento de preço por kWh devida ao mau factor de potência.

Este aumento é de 0,5 % por ponto para valores abaixo de cos φ = 0,8 o que dá no caso presente

$$0{,}5\ (0{,}80 - 0{,}56) = 0{,}24 \times 0{,}5 = 0{,}12$$

seja 12 % a mais no preço kWh

Na factura podemos verificar a presença do coeficiente R = 1,12 mesmo no consumo nocturno para o qual é $0{,}50 \times H \times R = 0{,}50 \times 1{,}24 \times 1{,}12 = 0{,}694$ F por kWh.

Em presença de todos estes dados podemos verificar que o consumo custou 20 223 F.

Com um $\cos \varphi = 0{,}8$ esta verba seria reduzida a $\frac{20223}{1{,}12} = 18\,200$ F. seja uma economia mensal de 2000 F.

Qual o valor do condensador para levar o cos φ médio de 0,56 a 0,80 ?

O número mensal de horas de trabalho é de 250. Para 12 800 kWh (12.300 «dia» e 500 «noite») a potência média instantânea é de:

$$\frac{12.800}{250} = 51 \text{ kW} \quad \text{(valor médio sobre base mensal)}$$

Note-se que o andamento do consumo em 24 horas, situa-se de um lado e de outro dos 51 kW, ao acaso da carga, com pontas que atingem 80 kW e vazios a 10 % da carga, durante a noite, e mesmo provàvelmente quase a zero durante os repousos do dia

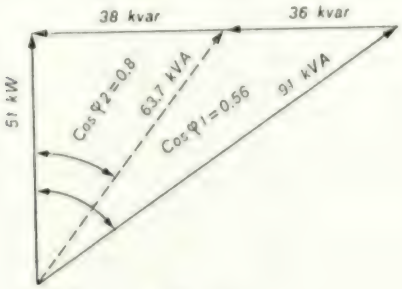


Fig. 9

Como na realidade, não sabemos, nem a duração, nem a natureza das cargas, nem se durante a noite a carga de 10 % é ùnicamente activa (forno de resistências), ou reactiva, ou ainda de um tipo e doutro conjuntamente, não podemos pois senão basearmo-nos na carga média, 51 kW, tendo em conta que a certeza pode evolucionar em torno deste valor médio, mas que de qualquer modo a bateria automática seguirá os pedidos variáveis de energia reactiva.

Sejam portanto os dados seguintes:

Potência média: 51 kW
Factor de potência desejado: 0,80
Factor de potência instalado: 0,56
Potência aparente correspondente: $\frac{51}{0{,}8} = 91$ kVA

Potência reactiva correspondente:

$$\sqrt{91^2 - 51^2} = 74 \text{ kVAr}$$

Potência sob um $\cos \varphi = 0{,}8$: $\frac{51}{0{,}8} = 63{,}7$ kVA

Potência reactiva correspondente:

$$\sqrt{63{,}7^2 - 51^2} = 38 \text{ kVAr}$$

Potência reactiva a fornecer pelos condensadores:

$$74 - 38 = 36 \text{ kVAr}$$

Este mesmo cálculo pode efectuar-se gràficamente conforme apresentado na fig. 9.

O cálculo da potência reactiva dos condensadores para passar de $\cos \varphi_1$ a $\cos \varphi_2$ pode assim efectuar-se de forma mais cómoda utilizando tabelas ou ábacos baseados na consideração trignométrica do triângulo das potências, no qual vemos que:

$$\text{kVAr} = (\text{kW})\ (\text{tg}\ \varphi_1 - \text{tg}\ \varphi_2)$$

Existem tabelas que fornecem, directamente, o valor de $(\text{tg}\ \varphi_1 - \text{tg}\ \varphi_2)$.

* * *

Pode ainda encarar-se a hipótese de a duração do trabalho ser de 200 em vez de 250 horas mensais. Neste caso, a potência real passaria de 51 kW a 64 kW e a potência reactiva de 36 a 47 kVAr.

Subentende-se, evidentemente, que, em certas ocasiões, o pedido de energia reactiva possa ser, quer superior a 47 kVAr, quer inferior a este valor.

Podemos pois concluir, em vista destes dados, que uma bateria trifásica de 36 kVAr — 220v — de 6 escalões de 6 kVAr cada, possa prestar serviço conveniente.

Poder-se-ia começar por instalar um tal grupo tendo em vista a recolha de conclusões definitivas sobre a factura do mês seguinte; em caso de insucesso instalar-se-ia então uma segunda bateria, (36 kVAr em 6 escalões) em paralelo com a primeira e obedecendo às mesmas ordens de disparo.

Trad. e adap. de P. DEWASMES «Batteries automatiques de condensateurs pour l'amélioration du facteur de puissance em basse tension», «ACEC REVUE», n.º 3 — 1965.

NOVO REACTOR RÁPIDO BRITÂNICO

C. D. U. 621.039.4 (410)

A Grã Bretanha vai construir em Dounreay, na Escócia, um Reactor Rápido Protótipo (R.R.P.) cujo custo, incluindo o da unidade de fabrico de combustível a construir em Windscale, no Cumberland, está orçado em cerca de 30 milhões de libras. Este reactor será um importante passo intermédio entre o reactor rápido experimental, já construído no mesmo local, e os grandes reactores das futuras centrais nucleares, com potências de 1000 MW eléctricos ou mais, que se prevê virem a ser necessários nos últimos anos da década de 1970.

Com uma potência de saída de 250 MW eléctricos e 600 MW térmicos, o R.R.P. irá mostrar as características de funcionamento das grandes centrais. A sua construção deve estar terminada em 1970, iniciando-se na primeira metade de 1971 a produção de energia eléctrica. A cumprir-se este programa será possível ter a primeira central nuclear comercial de reactor rápido por volta de 1978.

Espera-se que os reactores rápidos comerciais venham a ser a forma mais económica de produção de energia eléctrica. De facto, estudos efectuados pela U.K.A.E.A. (United Kingdom Atomic Energy Authority) mostraram que o custo básico dos futuros grandes reactores rápidos auto-regeneradores é semelhante ao previsto para os reactores térmicos que forem construídos na mesma altura, mas como os reactores rápidos podem converter em combustível nuclear 75 % da energia disponível, contra 2 % dos reactores térmicos, o custo do combustível será muito menor para aqueles que para estes, provàvelmente metade. Por outro lado, os reactores rápidos propiciam o meio mais eficaz de utilização, para fins pacíficos, das reservas de plutónio produzidas como subprodutos da energia eléctrica nos actuais reactores Magnox e A.G.R. (Advanced Gas-cooled Reactor), tornando assim mais baixo o custo da electricidade produzida por estes. Os reactores rápidos têm ainda a importante propriedade de poderem produzir mais material cindível que o que consomem utilizando os neutrões excedentes, resultantes da cisão no núcleo, para transmutar em plutónio o U 238 não cindível existente no combustível, com uma velocidade maior que aquela com que o plutónio original é consumido (a este respeito as propriedades básicas do plutónio são superiores às do U 235 na medida em que o plutónio produz mais neutrões por cisão). Deste modo só uma pequena carga de novo urânio será necessária, ficando assim a Grã Bretanha protegida contra possiveis aumentos do preço do urânio no mercado mundial devido a mais vastos programas nucleares nacionais.

As características do R.R.P. foram estabelecidas depois de ter sido estudado o projecto dos reactores rápidos comerciais de 1000 MW (e). Os materiais de construção foram escolhidos de modo a permitir que a unidade trabalhe em condições especiais de vapor — temperatura de 565°C e pressão de 160 kg/cm². Uma das principais modificações em relação ao reactor rápido experimental de Dounreay reside no combustível que, no R.R.P., será uma mistura de plutónio e de óxido natural de urânio com embainhamento de aço inoxidável formando assim pequenas barras que vão depois ser agrupadas em feixes hexagonais, constituindo cada um destes uma unidade que pode ser carregada ou descarregada independentemente das outras. Isto contrasta com o que se passava no reactor experimental em que a carga principal era constituída por barras de urânio enriquecido, formando uma só unidade. O reactor estará preparado para irradiar combustíveis mais avançados como, por exemplo, o carboneto de urânio.

O núcleo do reactor, que tem cerca de 0,90 m de altura por 1,70 m de diâmetro, produz 600 MW de calor. Como neste tipo de reactores não existe moderador e o combustível tem de ser consideràvelmente enriquecido, as cisões ocorrem com uma frequência elevada, originando uma grande densidade de energia no núcleo. A grande quantidade de calor assim formada é removida por sódio líquido que atravessa o núcleo de baixo para cima. As 1000 toneladas de sódio de circuito primário de refrigeração são impulsionadas através do núcleo e dos permutadores de calor intermédios por três bombas mecânicas com uma capacidade de 82 m³ por minuto. Nos permutadores de calor intermédios o sódio primário é arrefecido por sódio secundário (200 toneladas) que, por sua vez, vai aquecer o vapor na caldeira. A utilização de um circuito secundário de arrefecimento evita o problema da fuga do vapor para o sódio primário (tornado radioactivo). O circuito primário compreendendo o núcleo, os permutadores de calor intermédios, as bombas e o sistema de comando do combustível, está encerrado num tanque de aço inoxidável de 12 m de diâmetro. Adoptando este arranjo para o circuito primário, consegue-se uma disposição muito compacta que conduz a custos mais baixos. Outras vantagens desta disposição são a elevada inércia térmica investida no grande volume de sódio primário e a segurança no manuseamento do combustível.

Uma importante realização da Engenharia é o gerador de vapor de parede simples. O vapor é produzido dentro de tubos de pressão, havendo no exterior destes uma circulação de sódio quente. Há que demonstrar que é possível a construção destas unidades com o grau de segurança requerido, pelo facto de a existência de fugas conduzir a uma contaminação considerável. Há três geradores de vapor, um em cada circuito secundário, cada um deles constituído por um evaporador, um sobreaquecedor e um reaquecedor. O fluxo de vapor dá-se por circulação assistida. O turbo-gerador é de modelo convencional.

Os feixes hexagonais das barras de combustível são introduzidos no núcleo por meio de uma máquina de carga que está suspensa sobre este e pode rodar de modo a ter acesso a cada uma das posições do combustível. Na descarga, o combustível é deixado a descontaminar, durante um mínimo de trinta dias, num rotor de transferência submerso no sódio primário, antes de ser preparado para ser transportado para as unidades de regeneração. O reactor está isolado num edifício estanque sob baixa pressão.

(Inf. U. K. A. E. A.)

Sumários dos artigos publicados na Técnica n.º 354

Ano XLI — Janeiro 1966

CAETANO CARREIRA — CDU 531.24 : 629.12

Determinação de centros de gravidade

Técnica 354 — XLI — 1. 1966, pág. 183-200.

Recorda-se em primeiro lugar o conhecido modelo matemático da posição do centro de gravidade. Estuda-se a sua aplicação à construção naval, especialmente no que respeita a precisão do modelo. Formulam-se a precisão e a forma dos dados a fornecer a um computador digital, programado para usar o modelo matemático escolhido. Formulam-se também ainda a precisão e a forma dos resultados, bem como as rotinas a seguir.

J. REBELLO DA SILVA — CDU 532.595.2 : 628.12

Cálculo do golpe de ariete numa instalação elevatória utilizando o método gráfico de Schneyder-Bergeron

Técnica 354 — XLI — 1. 1966 pág. 219-227.

Indica-se neste artigo a forma como é feita a aplicação do método gráfico de Schneyder — Bergeron ao cálculo do golpe de ariete numa instalação elevatória, começando por descrever a evolução do fenómeno, no caso geral, e por apresentar as equações gerais para a resolução de problemas de características semelhantes. No final apresentam-se alguns comentários sobre os resultados obtidos no problema considerado.

ARTUR RAVARA — CDU 624.159.11.002:621.97

Fundações de máquinas de percussão

Técnica 354 — XLI — 1. 1966, pág. 201 - 218.

Este artigo é o 3.º duma série subordinada ao título geral «Dimensionamento de Fundações de Máquinas». Apresentam-se os principais tipos de fundação de martelos-pilões. Indicam-se as disposições estruturais e construtivas a que devem obedecer. Analisam-se as oscilações produzidas pelo choque do pilão nos vários elementos da fundação e as respectivas solicitações dinâmicas, com base nos elementos de Mecânica dos Solos e Teoria das Vibrações apresentados no 1.º artigo da presente série.
Comparam-se os resultados obtidos com resultados experimentais. Indicam-se as normas de cálculo e de dimensionamento de fundações com amortecedores mecânicos de molas. Finalmente, apresentam-se 3 aplicações numéricas do cálculo de fundações de martelos.

C. M. ALVES RIBEIRO — CDU 624.07 [016]

Dimensionamento de estruturas tipo «Sanduiche»

Técnica 354 — XLI — 1. 1966 pág. 229-232.

É feito um estudo económico dos materiais duma estrutura sanduiche a partir das suas propriedades mecânicas.

Summaries of articles published in «Técnica» n.º 354

XLI — January 1966

J. Rebello da Silva — UDC 532.595.2 : 628.12

Calculation of the water-hammer in a pumping station using Schneyder-Bergeron's graphic method

Técnica No. 354 — XLI — 1. 1966 pp 219 to 227.

This paper deals with the application of Schneyder — Bergeron's graphic method to the calculation of the water — hammer in a pumping station.
Beginning with the description of the evolution of the phenomenon, in general, it follows with the presentation of the general equations used in the resolution problems. At the end, some comments are made on the results obtained in the resolution of the studied problem.

Caetano Carreira — UDC 531.24 : 629.12

Determination of centres of gravity

Técnica No. 354 — XLI — 1. 1966 pp 183 to 200.

The well known model of the center of gravity is referred. Its application to the ship design, particulary in wich concerns the precision of the model, is studied. The required precision and form of the data to be supplied to a digital computer, using the selected mathematician model, is established. The precision and the form of the corresponding results, as well as the normal procedures to be followed, in order to use the method in current production, are also established.

C. M. Alves Ribeiro — UDC 624.07 [016]

Design of sandwich structures

Técnica 354 — XLI — 1. 1966 pp. 229 to 232.

A cost perfomance study of the materials used in a sandwich structure is made on the basis of the stiffness they impart to sandwich panels.

Artur Ravara — UDC 624.159 11.002 : 621.97

Foundations for impact-load machinery (Forge Hammers)

Técnica No. 354 — XLI — 1. 1966 pp. 201 to 218.

The present article is the third of a series entitled «Design of machine foundations».
The most current types of forge hammers are here referred to. General rules for design are presented. Vibrations due to the impact of the ram are analysed on basis of the general principles described in the preceeding articles of this series.
Analytical and experimental results of dynamic analysis are compared. Limitation of vibration amplitude using mechanical spring absorbers is studied. Finally three pratical problems are dealt with by means of the design methods presented.

BIBLIOTECA
FICHEIRO

Classificadores responsáveis:

Coias e Silva, Francisco Deslandes, Monteiro da Silva, Rui Albergaria

---

Recortar as indicações bibliográficas que formam uma ficha e estão encimadas por CDU (Classificação Decimal Universal).

Colar cada referência num pequeno rectângulo de cartolina de 75 × 125 mm.

Ordenar pelos índices decimais, *começando da esquerda para a direita,* independentemente do número de algarismos que o índice contiver, e respeitando a seguinte regra de arrumação dos sinais auxiliares:

+ / n.os simples : [ ] = (01/09) (1/9) (=) " "A/Z — .0 .00

Consultar, em casos duvidosos, a exemplificação inserida na «Técnica» n.º 218 e seguintes, ou recorrer à Biblioteca da A. E. I. S. T.

Notar que a inserção das fichas nesta publicação respeita a ordem correcta, no intuito de a esclarecer o mais possível.

A comodidade de possuir no próprio local de trabalho um arquivo ordenado e de fácil consulta sobre assuntos que se sabe onde existem, é uma das evidentes vantagens de um ficheiro classificado segundo a CDU.

Os assuntos de que estas fichas são referência ficam patentes à consulta a partir desta data.

ARTIGOS DE REVISTAS

C. D. U. 530.145.001.8.004.14

La chimie quantique ses méthodes et ses applications — *G. Leroy.*

Industrie Chimique Belge, 10/11-965, T. 30, n.º 10-11, pág. 1069-1086; 1087-1197.

Os principais métodos da Química Quântica são deduzidos dos processos rigorosos de resolução da equação de Schödinger. Na primeira parte, reservada aos métodos elaborados, apresentam-se os métodos de interacção de configuração e do campo auto-consistente. As consequências dos processos de Goeppert-Mayer e Sklar e de Pariser e Par assim como a aproximação π são resumidamente discutidos.

Na segunda parte os métodos simples de Huckel e do electrão livre são comparados com os métodos mais explícitos.

Alguns exemplos clássicos tomados da literatura ilustram esta exposição.

C. D. U. 531.65:541.121:541.183

Equilibre et comportement cinétique des échangeurs d'ions — *R. Wollast.*

Industrie Chimique Belge, 10-965, T. 30, n.º 10, pag. 1087-1094.

As relações que governam o equilíbrio e a velocidade de troca iónica entre uma solução aquosa e um permutador de iões, são revistas, examinando detalhadamente as equações simples ou simplificadas utilizáveis aquando do cálculo de colunas de absorpção.

São examinados alguns factores que influenciam o equilíbrio e a cinética destas reacções.

C. D. U. 536.2

Frottement et transfert de chaleur turbulents en écoulements Bi-et Tri-dimensionnel — *Roger Michel* e *Ngo Duc-Lam.*

Office National D'études et de Recherches Aerospatiales, 1965, Nota Técnica n.º 80, pág. 6.

Esta comunicação consagra-se ao exame dos resultados obtidos em diferentes problemas da camada limite turbulenta a partir da resolução das equações globais da camada limite.

C. D. U. 536.423.1

Quelques relations entre les températures d'ébullitions des corps purs — *J. Carpentier.*

Industrie Chimique Belge, 6-965 T. 30, n.º 6, pág. 579-588.

Os pontos de ebulição dos corpos apresentam analogias do ponto de vista de classificação periódica dos elementos, como por exemplo CH_4, SiH_4, GeH_4, SnH_4, PbH_4 ou CF_4, CF_3Cl, CF_2Cl_2, $CFCl_3$, CCl_4 e são em geral regidas por leis simples.

C. D. U. 536.717:546.212-13:621.1.013

O vapor de água na zona de pressão crítica — *N. Nyffenegger.*

Revista Técnica Sulzer, 1965, n.º 1, pág, 33

SOCIEDADE DE CONSTRUÇÕES AMADEU GAUDENCIO

ARQUITECTURA E ENGENHARIA

R. DR. ALEXANDRE BRAGA, 4-A

TELEFONES:
P.P.C.A. 43191-43192-43193

END. TELEGRÁFICO:
«CONSTRUÇÃO»

•

CONSTRUÇÕES CIVIS

•

BETÃO ARMADO
E PRE-ESFORÇADO

•

CARPINTARIA
MECÂNICA

•

TRABALHOS
DE PINTURA
E ESTUQUES

•

DEPÓSITO DE MATERIAIS:

ESTRADA DE MOSCAVIDE, 17-19

Telefone 38 90 72

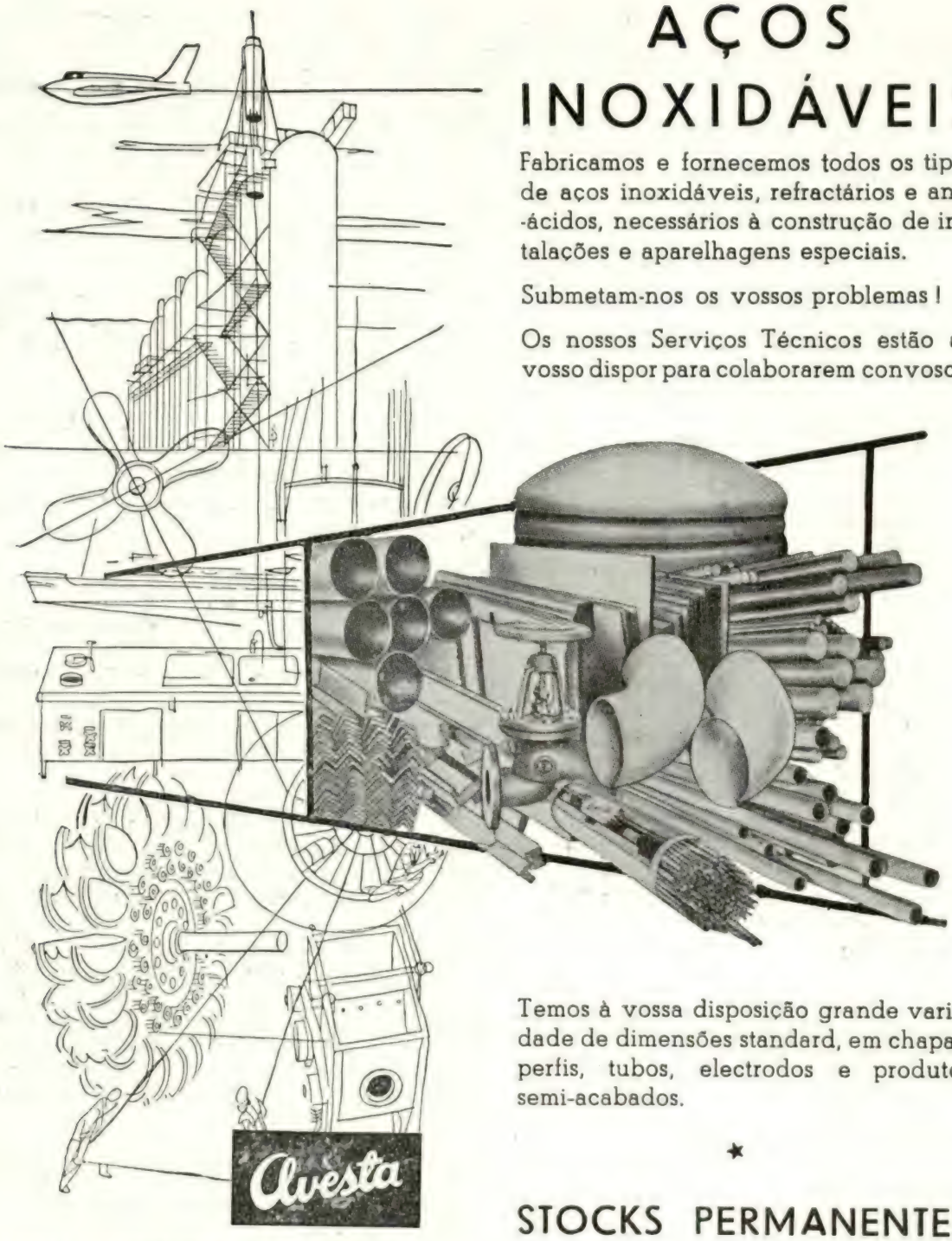
LISBOA

AÇOS INOXIDÁVEIS

Fabricamos e fornecemos todos os tipos de aços inoxidáveis, refractários e anti-ácidos, necessários à construção de instalações e aparelhagens especiais.

Submetam-nos os vossos problemas!

Os nossos Serviços Técnicos estão ao vosso dispor para colaborarem convosco.



Temos à vossa disposição grande variedade de dimensões standard, em chapas, perfis, tubos, electrodos e produtos semi-acabados.

★

STOCKS PERMANENTES

AVESTA JERNVERKS AKTIEBOLAG
AVESTA — SUÉCIA

Representantes Exclusivos para Portugal e Ultramar:

A. JOHNSON & Co (PORTUGAL), L.DA

SEDE EM LISBOA:
Praça José Fontana, 11-1.º
Telef. 537015-537016-537017-537018

FILIAL NO PORTO:
R. Dr. António Granjo, 160/168
Telef. 54666

C. D. U. 539.12

The particles of modern physics — *O. R. Frisch.*

Electronics & Power, 5-965, vol. 11, pág. 153-4.

D. U. C. 539.32:620.172 225:669.13

Determinação da qualidade de um ferro fundido por meio do módulo de elasticidade — *W. Felix.*

Revista Técnica Sulzer, 1964, n.º 4, pág 210

C. D. U. 541.124

Introduction à la theorie des réacteurs chimiques — *R. Ioltrand.*

Industrie Chimique Belge, 2-965 T. 30, n.º 2, pág. 119-135

Apresenta-se uma tentativa de classificação das reacções e dos reactores químicos.

Discutem-se também os efeitos da mistura sobre a selectividade obtidos nos diferentes tipos de reactores.

Dão-se ainda algumas indicações sobre a escolha das condições óptimas de trabalho e trata-se finalmente um exemplo de processo complexo fazendo intervir simultâneamente a cinética química e os fenómenos de transferência física.

C. D. U. 543.5 [537.531]

La spectro-analyse par fluorescence des rayons X dans l'industrie — *F. Lafay.*

Mécanique Étectricité, 5-965, n.º 188, pág. 67-75.

A introdução relativamente recente da análise espectral por fluorescência dos raios X completa eficazmente os métodos químicos tradicionais, pondo à disposição dos laboratórios da indústria instrumentos, que pela extensão das suas possibilidades, precisão, e, sobretudo, pela rapidez dos resultados obtidos, poupam tempo, multiplicando os meios de acção. Esta comunicação apresenta esta técnica sob o ponto de vista de aplicação industrial.

C. D. U. 547.04:66.062

«Quelques aspects des effets de solvants en chimie organique» — Les effects de solvants en reactivité chimique — *P. Baltelmans, M. Gielen* e *J. Nasielski.*

Industrie Chimique Belge, vol. 29, n.º 12, pág. 1265.

Discutem-se os diferentes efeitos dos solventes, sobre a selectividade, a velocidade e a estereoquímica de uma série de reacções clássicas utilizadas em Química Orgânica.

Põe-se em evidência a diferença essencial existente entre os efeitos puramente dieléctricos de estabilização das cargas e os efeitos específicos de assistência electrófila e nucleófila, o termo «polaridade» de um solvente é seguido como a soma ponderada destes dois efeitos.

C. D. U. 614.71

Dosagem diária de anidrido sulfuroso e dos fumos contidos no ar atmosférico (*aparelhagem e técnica utilizadas no Laboratório de Higiene da cidade de Paris*).

Engenho, 5,6,7/965, vol. 20, n.º 2, pág. 95-103.

O presente artigo expõe os métodos de dosagem do anidrido sulfuroso no ar exterior bem como a aparelhagem utilizada.

Expõem-se também os métodos de dosagem de poeiras e fumos.

C. D. U. 620.1

Controles non destructifes — *R. Hubert* e *J. Thnillier.*

Mécanique Électricité, 2-965, n.º 185, pág. 41.

C. D. U. 620.197 : 669.138

Convertures de Zinc et de Cadmium — *D. P. Lachet.*

Mécanique Électricité, 4-965, n.º 187, pág. 48.

C. D. U. 621.313.01

Eléments de base du calcul d'une machine électrique à courant continu — *M. Holveck.*

Mécanique Électricité, 5-6-965, n.ºs 188-189, pág. 47 a 54 e 51 a 55.

Fornecem-se os elementos para o cálculo de máquinas de corrente contínua.

A exposição não exige conhecimentos profundos, mas apenas umas noções fundamentais de Electrotecnia. No fim do estudo fazem-se algumas verificações sistemáticas, como por exemplo, da indução, comutação, aquecimento, e ainda de outros factores construtivos.

C. D. U. 621.314.2.042.1 [534.1]

Contribution au calcul des vibrations propres des noyaux de transformateurs — *P. Matthieu.*

Bulletim Oerlikon, 2-965, n.º 361, pág. 1-14.

Cálculo (aproximado), por métodos matriciais, das vibrações próprias e frequências próprias de núcleos de transformadores mono e trifásicos. Consequente possibilidade de estabelecimento de programas de cálculo. Possibilidade de aplicação do método, sem grandes modificações, ao cálculo das vibrações planas próprias de outras formas de circuitos magnéticos.

C. D. U. 621.316.933.1

Influence exercée par la valeur instantanée de la tension de service sur la tension d'amorçage au choc dum parafoudre — *Sarbach E.*

Revue Brown Boveri, 6-964, vol. 51, n.º 6, pág. 358 362.

Em geral, a tensão de escorvamento de um pára-raios é mais elevada se a onda de choque tem a mesma polaridade que a alternância da tensão de serviço, e é mais fraca no caso contrário. Além das fórmulas que entram com esta influência, dão-se os resultados de ensaios efectuados com pára-raios de 114 kv, com e sem órgãos de repartição da tensão.

AC

ácido clorídrico

★
no controle do pH das pastas de papel;

★
na regeneração das resinas usadas na purificação da água;

★
na limpeza química de incrustações de caldeiras, evaporadores, tubagens e outra aparelhagem;

★
nos processos de decapagem química, a frio, de metais;

★
na carbonização e tinturaria de fibras texteis;

★
como agente hidrolisante, para a produção de dextrose, maltose e glucose a partir do amido;

★
no fabrico do fosfato precipitado nas indústrias das colas e gelatinas;

★
no ataque químico às rochas calcáreas, como auxiliar poderoso na exploração de pedreiras, furos de petróleo e gases naturais;

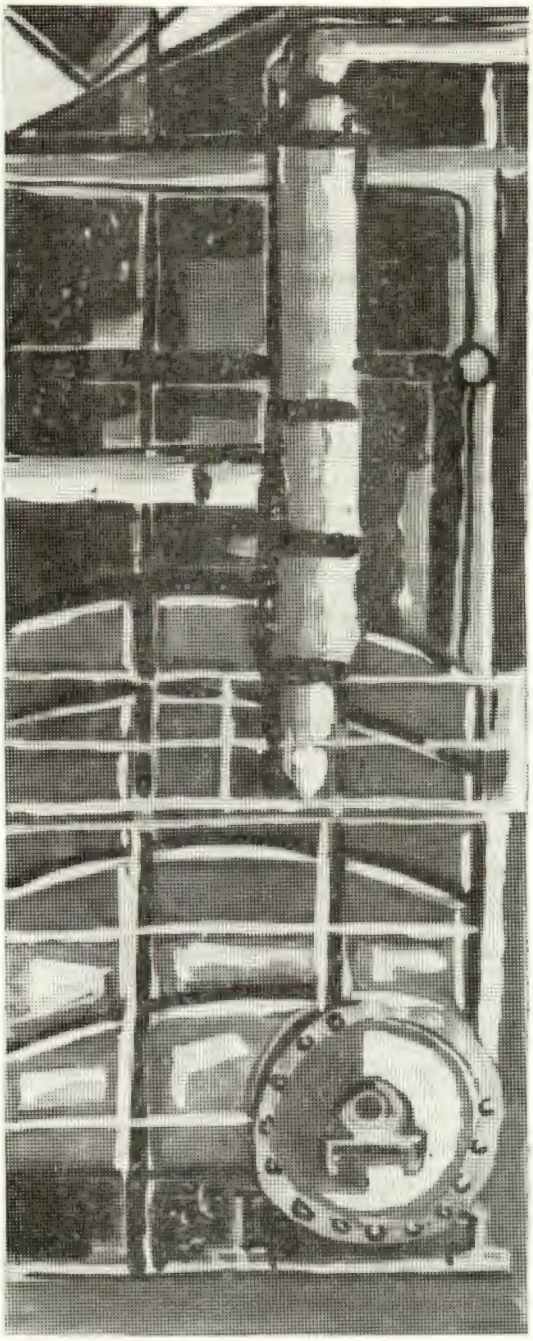
★
nas operações de lavagem de argilas e areias, nas indústrias de cerâmica e do vidro;

★
na activação do carvão e outros catalizadores;

★
na hidrólise da madeira para produção de açúcares e álcool etílico;

★
na preparação de caseína a partir de leite desnatado;

★
na fabricação de numerosos produtos químicos.



FABRICAMOS
produtos de qualidade, obedecendo a especificações bem definidas

UTILIZAMOS
meios de entrega eficientes; embalagens apropriadas, satisfazendo ensaios de controle

OFERECEMOS
assistência técnica para a realização mais conveniente da entrega, armazenagem e utilização dos produtos

COMPANHIA UNIÃO FABRIL • DIVISÃO DE PRODUTOS PARA A INDÚSTRIA

C. D. U. 621.316.933.4

Nouveau parafoudres pour 4,5 à 750 kV — *Christener H.* e *A Morf.*

Revue Brown Boveri, 6-964, vol. 51 n.º 6, pág. 346-357

Informações sobre a construção, o funcionamento, as propriedades e as aplicações destes pára-raios providos de disparadores de sopro magnético e de resistências não lineares de resorbite.

C. D. U. 621.317.2.027.3

Asea's new high-voltage hall at Ludvika — *Hyltén-Cavallius, N.* e *Fryxell, J.*

Asea Journal, 1965, vol. 38, n.º 4, pág. 43-50.

A sala de alta tensão recentemente reconstruída no Laboratório de Alta Tensão Asea, em Ludvika, foi planeada para permitir testes em aparelhos para sistemas de tensões superiores a 750 kV.

Descrevem-se o compreensivo equipamento e as medidas tomadas para racionalizar o trabalho na sala de teste.

C. D. U. 621.317.75

Oscilloscope acessories — *J. K. Murray.*

Marconi Instrumentation, 4-965 vol. 1, n.º 10, pág, 2-8

C. D. U. 621.319.3

Electrostatic generators — *N. J. Felici.*

Electronics & Power, 5-965, vol. 11, pág. 169-181

C. D. U. 621.327.9

Electroluminescência. Fundamentos e interpretacion conductiva — *Gabriel Lorente, S. J.*

Anales de Mecanica y Electricidad, 1965, vol. 42-43 n.º 1,2,3,4, pág. 11-21; 101-114; 165-176; 249-255.

Na primeira parte descrevem-se os fenómenos electroluminescentes, que contam já com aplicações industriais. Na segunda estuda-se o comportamento do fósforo electroluminescente sem a presença dum dieléctrico suporte. Pretende-se assim eliminar os fenómenos que possam ser devidos a este dieléctrico e que poderão ocultar qual o comportamento deste fósforo. Na terceira parte tratam-se alguns dispositivos electroluminescentes com dieléctrico em montagens do tipo condensador e obtêm-se alguns oscilogramas combinando de diferentes maneiras os valores instantâneos de luminancia, tensão e corrente. Finalmente, na quarta parte mostra-se a importância dos processos condutivos na emissão electroluminescente.

C. D. U. 621.33

Effets dus au courant de traction du voisinage des lignes électrifiées — *Rolf Buckel.*

Bulletin de I. A. I. du Congrés dos Chemins de Fer, 1965, vol. XLII n.º 8-9 pág. 510-525

C. D. U. 621.337

La dynamique de l'engrenage de traction — *Dr. K. Gopichaud.*

Bulletin de L' Association Internationale du Congres des Chemines de Fer, 8-9-965, vol. 42, n.º 8-9, pág. 499

Na presente análise estabelecem-se as equações dinâmicas para a engrenagem de transmissão de motor de tracção.

C. D. U. 621.365.5

A survey of the currently available equipment for industrial MF and FH heating.

Science and Industry, 1965, vol. 12, n.º 1, pág. 12-23.

C. D. U. 621.382.3

L'influence de la multiplication des porteurs de charge dans la jontion du collecteur sur le courant de l'émitteur — *C. Bulucea, S. Cservemy.*

Buletinul Institutului Politehnic Bucuresti, 1964, vol. 26, n.º 6.

Partindo da observação experimental deste efeito, o autor estudou a influência da multiplicação em avalanche na junção do colector sobre a corrente do emissor.

A explicação teórica do efeito constatado baseia-se no ponto de vista da recção inversa da resistência distribuída da base, r_{bb}, e da ligação térmica colector-emissor.

C. D. U. 621.391

Speech compression — *J. Swaffield.*

Electronics & Power, 5-965, vol. 11, pág. 172-175.

Analisam-se os princípios em que assenta a compressão da fala de modo a tornar mais económicos os sistemas de transmissão que utilizam uma banda larga para transmitir informação que ocorre com frequência baixa. Passam-se em revista os progressos efectuados neste campo.

C. D. U. 621.394.324

Collecte, transmission et protection des donnés — *Gerhard Overhoff.*

Revue Siemens, 1965, vol. 23, n.º 7, pág. 232-234.

Apanhado sobre os antigos e novos métodos de trabalho aplicados na colheita, reprodução e protecção de dados. Realça-se com o auxílio de exemplos, as vantagens que oferecem neste domínio alguns dos últimos desenvolvimentos realizados, por exemplo o método SIEMENS-SELEX, a posição de correcção para bandas perfuradas, os sistemas para a reserva de lugares, bem como os aparelhos de protecção dos dados, convindo a uma transmissão na rede telex ou nas redes telefónicas.

CPFE

COMPANHIA PORTUGUESA DE FORNOS ELÉCTRICOS

Capital 60 MIL CONTOS S A R L

Largo de S. Carlos, 4 Lisboa · 2

C. D. U. 621.436.013.1:621.436.13.052:621.436.13.058.2

A última evolução na lavagem e sobrealimentação dos motores Sulzer RD. — *R. Stoffel.*

Revista Técnica Sulzer, 1964, n.º 4, pág. 189

C. D. U. 621.512.6:621.514.24

Compressor rotativo isento de óleo com lubrificação por água, tipo SLM — *Th. Bremi.*

Revista Técnica Sulzer, 1965, n.º 1, pág. 17.

Desenvolvimento; compressão, atrito dos pós e perdas de potência; capacidade de compressão e balanço térmico; circulação da água; finalidade da nova construção; aumento de rendimento; economia.

C. D. U. 621.742

Controle de areias para fundição (1.ª parte) — *Adaptação de «Sand Control» de H. L. Camplede.*

Associação Portuguesa de Fundição n.º 1/2, pág. 31 e 35

C. D. U. 621.746:621.74.04

Pressure Pouring. A new process of producing slabs and billets direct from liquid steel — *A. M. Sage.*

Iron and Steel, 17-12-964, vol. 37, n.º 14, pág. 631

C. D. U. 621.793

Protection des metaux por coverture metallique — *Daniel P. Lachst.*

Mecanique Electricité, 3-965, n.º 186 pág 50.

É o primeiro de uma série de artigos sobre revestimentos metálicos de protecção. Nele se encaram, apenas, generalidades sobre os revestimentos e os respectivos métodos de aplicação.

C. D. U. 624.07 [012.4] 2.2

Contribution a l'étude des déformations instantanées des poutres en béton armé — *J. C. Maldague.*

Annales de L'I.T.B.T.P, 9-965, Ano 18, n.º 213, pág. 1169-1218.

Este estudo constitui uma tentativa de interpretação de uma parte dos resultados dos ensaios publicados em Maio de 1965 nos ANNALES de L'I.T.B.T.P. com o título «Determinação experimental das leis momentos-curvaturas das vigas de betão armado».

Propõ-se uma expressão teórica de lei Momentos-Curvaturas sob cargas de serviço de curta duração que permite o cálculo das deformações instantâneas das vigas.

Nestas relações intervêm:

O momento de fissuração «eficaz» que corresponde à passagem efectiva da fase elástica à base de fissuração.

O momento de inércia médio das regiões fissuradas.

C. D. U. 624.072 [517.949]

«Solutions numériques du problème du flambage» — *Al. P. Kabaila* e *A. S. Hall.*

Acier Stahl Steel, 9-965, n.º 9.

Mostra-se que as expressões das *diferenças finitas* das equações diferenciais que ligam as cargas aos momentos flectores e a curvatura aos deslocamentos podem ser representados por um *simples sistema articulado.*

A solução aproximada das equações diferenciais exprimindo o *comportamento à flambagem* sob a forma das diferenças finitas é obtido por relações de equilíbrio e de deformação do sistema articulado.

C. D. U. 625.0 (52)

Hydrodynamique des phénomènes dus au croisement de deux trains — *Mitsutoshi Kawaguchi.*

Bulletin de L' Association Internationale du Congrès des Chemins de Fer, 8-9-965, vol. 42, n.º 8 9, pág. 574

C. D. U. 625.711

Première contribution au calcul rationnel des épaisseurs de chaussées — *J. L. Lauzanne.*

Annales de L'I.T.B.T.P., 5-965, Ano 18, n.º 209, pág. 670-698.

A estação de ensaios de Saint-Rémy-Les-Chevreuse foi criada com o objectivo de acumular os dados experimentais que permitem verificar o fundamento da hipótese do comportamento das estradas e o estudo presente indica os resultados das provas efectuadas em pavimentos de camada simples ou dupla.

C. D. U. 66.047.82

L'absorption accompagnée d'une réaction chimique — *G. F. Frement.*

Industrie Chimique Belge, 1-965, T. 30, n.º 1, pág. 1-16.

As equações cinéticas da absorpção acompanhada de reacção química a qual pode ser infinitamente rápida, de primeira ordem ou de uma ordem qualquer, são deduzidas partindo-se da teoria do duplo «filme» e da teoria da renovação da superfície.

Alguns exemplos ilustra a aplicação destas equações ao cálculo de uma coluna assim como à determinação de coeficientes de transferência.

C. D. U. 66.074.513

Répartition des temps de séjour dans les colonnes d'absorption — *L. Hellincks.*

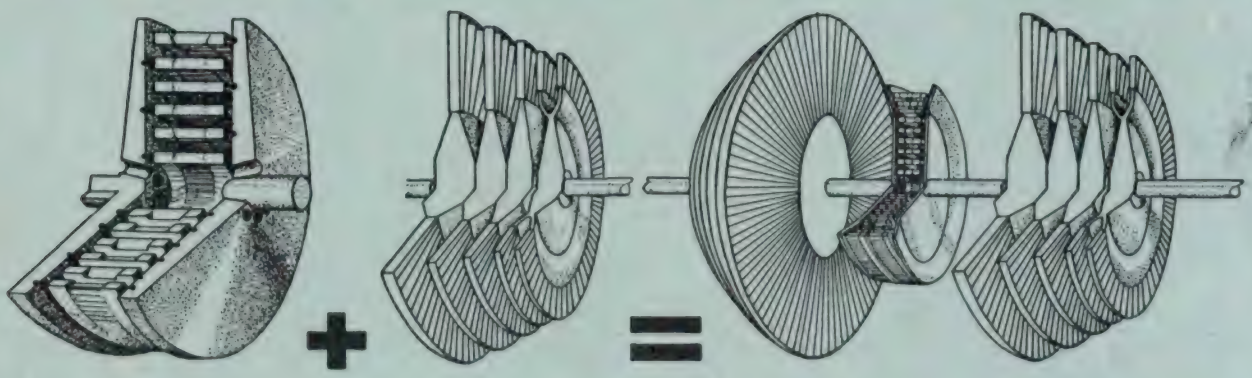
Industrie Chimique Belge, 9-964, T. 29, n.º 9, pág. 889-904.

A dispersão do tempo de permanência dos elementos dos dois fluidos circulantes numa coluna de absorpção com revestimento afecta directamente o funcionamento da coluna.

Por outro lado em consequência da geometria complicada do revestimento e da interacção dos fluidos, não é cómodo estabelecer as relações entre as variáveis e os parâmetros.

O estado actual dos conhecimentos sobre o assunto é apresentado sobre a forma duma análise dos trabalhos, assinalando a progressão dos estudos neste domínio.

COMBINAÇÃO PERFEITA

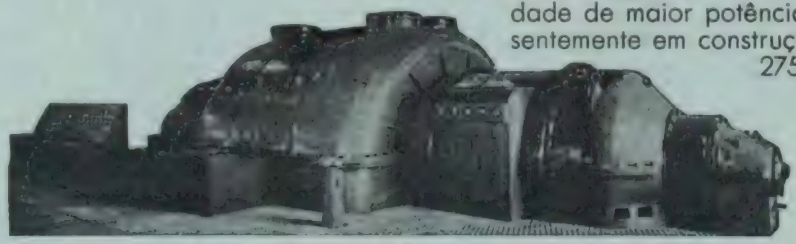


A turbina de contra-rotação e fluxo radial é justamente considerada como o tipo ideal para pequenos e médios volumes de vapor. O vapor entra pelo centro, expandindo-se para a periferia. A entrada brusca do vapor é confiada a pequenos raios nos quais a quantidade de material exposto ao vapor quente é limitada, os esforços são reduzidos e as possibilidades de perdas são mínimas. O seu rendimento é muito elevado e pode, com efeito, admitir o calor entrado na primeira parte da turbina. A firma STAL-LAVAL, Suécia, possue quase 50 anos de experiência na construção de turbinas deste género.

A turbina de fluxo axial é inigualável na admissão de grandes volumes de vapor a baixa pressão. A parte inferior da linha de expansão é, portanto, o seu ponto indiscutível.

A nova turbina STAL é uma combinação dos dois tipos. Compõe-se de palhetas de fluxo radial para a zona das altas pressões e de duas (ou quatro) seccções convencionais de fluxo axial para a zona das baixas pressões.

Cada um destes tipos de turbinas é utilizado na zona de melhor rendimento, do que resulta ser uma máquina que pode ser fácilmente construida para potências até ao limite máximo desejado mantendo, no entanto, as explêndidas características de arranque rapido da turbina de fluxo radial. Estão já em funcionamento unidades até 160 MW sendo a unidade de maior potência presentemente em construção de 275 MW.



Para mais esclarecimentos, consulte-se o

ASEA ELÉCTRICA, LDA,

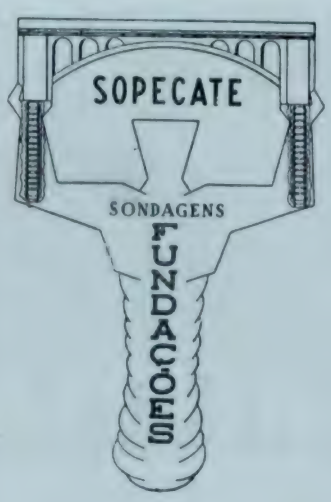
Rua de Artilharia Um, 104-4.º Dto, Lisboa-1.

Representante da Companhia de Turbinas

STAL-LAVAL

STAL-LAVAL TURBIN AB

Finspong, Suécia.



SOPECATE

SONDAGENS
FUNDAÇÕES

Escritório — R. DO ARSENAL, 146, 2.º Esq., Dt.º e Fr.te
Estaleiro e Oficina — RUA PEREIRA HENRIQUES, 58

TELEFONES
SERVIÇOS ADMINISTRATIVOS 34010
SERVIÇOS TÉCNICOS 320208
ESTALEIRO E OFICINAS 381238

LISBOA

SONDAGENS RÓDIO, L.DA

LISBOA
RUA DE S BENTO, 644-3.º
Telefones: 867165 6 7 ✦ Telegramas: SETANSOL

SONDAGENS GEOLÓGICAS
ESTUDOS GEOTÉCNICOS
ESTACAS GUNITA
CAPTAÇÃO DE ÁGUAS
CONGELAÇÃO DO TERRENO
IMPERMEABILIZAÇÃO DE OBRAS HIDRÁULICAS
CONSOLIDAÇÃO DE FUNDAÇÕES
ABAIXAMENTO DO LENÇOL DE ÁGUA

—//—

Engenheiro Chefe: **Walter Weyermann**

Oficina e Laboratórios
do
INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

As oficinas pedagógicas do Instituto Superior Técnico, de CARPINTARIA DE MOLDES, de INSTRUMENTOS DE PRECISÃO de ELECTROTECNICA, fornecem todo o género de material escolar de demonstração para o ensino técnico. Nos laboratórios de QUÍMICA-ANALÍTICA, FÍSICA INDUSTRIAL E DE MINERALOGIA executam-se análises para o público.

Para quaisquer informações, dirigir-se ao secretário da comissão executiva

RENOLD

CORRENTES de aço PARA TRANSPORTADORES e ELEVADORES

Seja qual for o serviço, Renold — os maiores fabricantes do mundo de correntes — podem fornecer a corrente apropriada a preço convidativo.
A gama, em depósito, até 13.600 Kg de carga de rotura, satisfaz a 95% das necessidades normais.
Por encomenda, pode-se fornecer correntes até 136.000 Kg de carga de rotura.

Para informações ou fornecimentos, escreva, visite ou telefone:

HARKER, SUMNER & Ca. Lda.

PORTO: 38, Rua de Ceuta, 48
Apartado No. 162
Tel: 27054-P.P.C. (4 linhas)

LISBOA-2: 14, Largo do Corpo Santo, 18
Tel: 324823-35124

RENOLD CHAINS LIMITED
MANCHESTER INGLATERRA

SENHORES
ARQUITECTOS
ENGENHEIROS
EMPREITEIROS
CONSTRUTORES

CALCINA

É hoje em Portugal o melhor ligante hidráulico para argamassas, rebocos e alvenarias.

Prefiram, pois, C A L C I N A

Entregas permanentes de dia e de noite nas Fábricas de Cimento "Tejo" - Alhandra e do "Cabo Mondego" - Figueira da Foz, e através da vasta rede de revendedores espalhados por todo o País

LISTA CLASSIFICADA DE ANÚNCIOS

Neste número continua a «Técnica» a sua secção de publicidade — a *lista classificada de anúncios* — destinada a facilitar a procura por parte dos clientes.

Estas páginas amarelas ficam abertas aos nossos leitores, que nelas podem anunciar a sua firma e endereço, ao preço de 50$00 por número. Quanto aos nossos anunciantes, é com muito gosto que lhes concedemos grátis a inscrição na lista.

AUTOMÓVEIS

— **AUSTIN — J. J. Gonçalves, Suc.**
R. Alexandre Herculano, 4 — Lisboa

— **BERLIET — Metalúrgica Duarte Ferreira**
Rua Tomás Ribeiro, 50-A — Lisboa.

CONSTRUÇÃO CIVIL

CONSTRUTORES CIVIS

— **Construções Técnicas, Lda.**
P. do Município, 13-3.º — Tel. 36 65 06

— **Fundações Franki**
R. Braamcamp, 13-3.º — Lisboa — Tel. 73 41 12.

— **Soc. Const. Amadeu Gaudencio, Ld.ª**
R. Dr. Alexandre Braga, 4-A — Lisboa
Telef. 4 31 91 — 92 — 93.

— **Soc. de Pré-Fabricação e Obras Gerais Novobra**
Av. Estados Unidos da América, 100-5.º D — Telef. 77 48 32 / 76 64 46 — Lisboa 5

ESCAVADORAS

— **Guedes & Almeida**
R. de S. Nicolau, 71-4.º — Tel. 2 50 80 — Lisboa.

— **S. T. E. T. — Soc. Técnica de Equipamentos e Tractores, Ld.ª**
Prior Velho — Sacavém — Tel. 2 51 00 01/4.

— **Monteiro Gomes, Ld.ª**
Rua Cascais, 47 (Alcântara).

FUNDAÇÕES

— **Construções Técnicas, Lda.**
Pr. do Município, 13-3.º — Tel. 36 65 06

— **Empresa de Sondagens e Fundações Teixeira Duarte, Ld.ª**
Pr. da Figueira, 18, 3.º — Lisboa — Tel. 36 27 95.

— **Empresa Ultramarina de Sondagens e Fundações**
R. S. Pedro de Alcantara, 1 — Tel. 32 46 93 e 21 32 56 — Lisboa — Luanda — Lourenço Marques — Beira.

— **Fundações Franki**
R. Braamcamp, 13-3.º — Lisboa — Tel. 73 41 12.

— **Johann Keller**
R. dos Bem Lembrados - Cascais — Tel. 28 01 46

— **Sondagens e Fundações, A. Cavaco, Lda.**
R. Rodrigo da Fonseca, 62-r/c — Lisboa 1
Tel. 55 38 73 — 5 95 62 — 73 35 45.

— **Sondagens Ródio**
Rua de S. Bento, 644-3.º — Lisboa
Tel. 68 80 96/7/8

— **Sopecate**
R. do Arsenal, 146, 2. — Lisboa.

IMPERMEABILIZAÇÃO

— **Anselmo de Matos**
Av. Almirante de Reis, 179, r/c — Lisboa 1 — Telef. 4 64 39.

— **Empresa de Produtos Asfálticos**
R. Filipe Folque, 10-1.º — Lisboa — Tel. 73 01 56.

INSTRUMENTOS DE PRECISÃO

— **Wild Portugal, Ld.ª**
Praça das Águas Livres, 8, s/l 6 — Lisboa 2 — Tel. 68 11 27.

ISOLAMENTO TÉRMICO E ACÚSTICO

— **DAMPA — Bell's e Comp., Ld.ª**
Av. Padre Manuel da Nóbrega, 13-B — Tel. 71 44 10 — Lisboa.

— **ISOLA**
Av. António Augusto de Aguiar, 17 — Lisboa.
Tel. 53 71 91/6

— **RENOR — Renoluz**
R. D. Estefânia, 155-C — Tel. 53 77 57 - 23 57 49 Lisboa.

— **SETH, Ld.ª**
R. Filipe Folque, 10-1.º — Lisboa — Tel. 73 01 56

MOBILIÁRIO

— **Fábrica Portugal**
R. Febo Moniz

SONDAGENS

— **Construções Técnicas, Lda.**
Pr. do Município, 13-3.º — Tel. 36 65 06

— **Empresa de Sondagens e Fundações Teixeira Duarte, Ld.ª**
Praça da Figueira, 18- 3.º D.-Lisboa
Tel. 36 27 95.

— **Empresa Ultramarina de Sondagens e Fundações**
R. S. Pedro de Alcântara, 1 — Tel. 32 46 93 e 21 13 56 — Lisboa — Luanda — Lourenço Marques — Beira.

— **Fundações Franki**
R. Braamcamp, 13-3.º — Lisboa — Tel. 73 41 12

— **Johann Keller**
R. dos Bem Lembrados - Cascais — Tel. 28 01 46

— **Sondagens e Fundações, A. Cavaco, Lda.**
R. Rodrigo da Fonseca, 62-r/c — Lisboa 1
Tel. 55 38 73 — 5 95 67 — 73 35 45.

— **Sondagens Ródio, Ld.ª**
Rua de S. Bento, 664-3.º — Lisboa
Tel. 68 80 96/7/8.

— **Sopecate**
R. do Arsenal, 176,-2.º — Lisboa.

CONSTRUÇÕES METALO-MECANICAS

CONSTRUTORES METALO-MECÂNICOS

— **Companhia União Fabril**
Av. 24 de Julho, 170 — Lisboa 2 — Tel. 67 04 21

— **Construções Metalo-mecânica MAGUE, Ld.ª** — Alverca

— **DEMAG — Soc. Comercial Romar**
Tr. da Galé, 9 — Tel. 63 56 70 — Lisboa.

— **George Fischer, S. A.-Schaffhouse (Suíça)-Soc. Comercial Romar**
R. da Boavista, 81-1.º — Tel. 67 21 61 — Lisboa

— **Jayme da Costa, Ld.ª**
R. dos Correeiros, 14 — Lisboa — Tel. 32 70 35.
Praça da Batalha, 12 — Porto — Tel. 2 28 12.
Cx. Postal 5174 — Luanda — Tel. 47 43.

— **Sociedade Industrial Metalúrgica**
R. de S. Tiago, 1

EDIÇÕES TÉCNICAS

— **Revista TECNICA**
Av. Rovisco Pais. — Tel. 77 54 49 — Lisboa

EQUIPAMENTO ELECTRICO

— **ASEA**
Rua de Artilharia Um, 104-4.º Dt. — Lisboa — Tel. 68 90 17/8/9.
R. do Campo Alegre, 144, Porto — Tel. 6 21 06/9

— **EFACEC**
— S. Mamede de Infesta.

— **Electrotécnicos Reunidos**
Avenida João XXI, 64 — Lisboa.

— **J. A. Robalo Severino, Lda.**
Av. 5 de Outubro, 54-Tel. 73 58 60 — Lisboa.

— **Jayme da Costa, Ld.ª**
R. dos Correeiros, 14 — Lisboa — Tel. 32 70 35
Praça da Batalha, 12 — Porto — Tel. 2 28 12.
Cx. Postal 5174 — Luanda — Tel. 47 43.

— **Roberto Bosch — (Portugal), Lda.**
Av. António Augusto de Aguiar, 32 — Tel. 59291 — Lisboa.

— **Soc. de Elec. Brown Boveri**
R. Sá da Bandeira, 481-2.º — Tel. 2 34 11 — Porto

— **Sociedade Michäelis de Vasconcelos, Ld. — Oerlikon**
Av. Marquês de Tomar, 94 — Lisboa.
P. da Liberdade, 114 — Porto.

— **União Eléctrica Portuguesa**
R. Alexandre Herculano, 244 — Porto.
R. Rosa Araújo, 35 — Lisboa.

DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA

— **União Eléctrica Portuguesa**
R. Alexandre Herculano, 244 — Porto.
R. Rosa Araújo, 35 — Lisboa.

ELÉCTRODOS

— **Electro-Arco, Ld.ª**
R. Silva Carvalho, 239 — Lisboa — Tel. 68 36 49.
R. do Bolhão, 216 — Porto — Tel. 2 12 77.

INSTALAÇÕES

— **Isolux, Lda.**
R. Gonçalves Crespo, 33, 3.º — Lisboa
R. de Sá da Bandeira, 551, 4.º — Porto.

— **Roberto Bosch — (Portugal), Lda.**
Av. António Augusto de Aguiar, 32 — Tel. 59291 — Lisboa.

— **Jayme da Costa, Ld.ª**
R. dos Correeiros, 14 — Lisboa — Tel. 32 70 35.
Praça da Batalha, 12 — Porto — Tel. 2 28 12.
Cx. Postal 5174 — Luanda — Tel. 47 43.

INSTRUMENTOS DE MEDIDA

— **C. Santos, Ld.ª**
29, Av. da Liberdade, 41 — Lisboa.

— **Monterroso & C.ª, Ld.ª**
R. do Campo Alegre, 606-1.º
Telef. 6 48 95 — Porto

ISOLAMENTOS

— **Empresa Electro-Cerâmica, S.A.R.L.**
L. Barão de Quintela.

REPARAÇÕES E CONSTRUÇÕES NAVAIS

LISNAVE
Rocha Conde de Óbidos — Lisboa

SOLDADURAS

— **Electro Arco**
R. Silva Carvalho, 239 — Lisboa
R. do Bolhão, 216 — Porto

TELECOMUNICAÇÕES

— **Empresa Técnica de Equipamentos Eléctricos, S.A.R.L.**
R. Rodrigo da Fonseca, 110, r/c — Lisboa — Tel. 68 60 72.
R. Sá da Bandeira, 766-1.º E — Porto — Tel. 2 48 18

— **J. A. Robalo Severino, Lda.**
Av. 5 de Outubro, 54-A — Tel. 73 58 60 — Lisboa

— **Standard Eléctrica, S.A.R.L.**
Av. da Índia — Lisboa.

EQUIPAMENTO INDUSTRIAL

— **DEMAG — Soc. Comercial Romar**
Trav. da Galé, 9 — Tel. 63 56 70 — Lisboa.

— **MAFATIL — Soc. Int. de Representações, Ltd.**
Praça da Alegria, 58-3.º—Lisboa. — Tel. 36 80 21

— **S. T. E. T.—Soc. Técnica de Equipamentos e Tratores, S. A. R. L.**
Prior Velho—Sacavem—Tel. 2510001/4.

BOMBAS

— **CIDEX — Comércio Internacional e Representações Industriais**
Av. Casal Ribeiro, 46-2.º-Tel. 73 53 07-Lisboa 1

— **Monterroso & C.ª, Lda.**
R. do Campo Alegre, 606-1.º
Telef. 6 48 95 — Porto

— **Vasco Pessoa, Lda.**
Rua da Boa Vista, 63 — Lisboa 2

CORRENTES

— **Harker Summer**
L. Corpo Santo, 18 — Tel. 32 48 23 — Lisboa.

FUNDIÇÃO

— **George Fischer, S. A.-Schaffhous (Suíça)-Soc. Com. Romar.**
R. da Boavista, 81-1.º — Tel. 67 21 61 — Lisboa

MÁQUINAS-FERRAMENTAS

— **Soc. Portuguesa de Válvulas**
R. Academia de Ciências, 5 — Lisboa.
Tel. 3 17 10.

MOTORES INDUSTRIAIS

— **C. Santos, Ld.ª**
29, Av. da Liberdade, 41 — Lisboa.
160, R. de Santa Catarina, 168 — Porto.

INDÚSTRIAS QUÍMICAS

— **DU PONT — Anjos, Pereira e Comp., Ltd.**
R. D. João V. 7-1.º D.—Tel. 68 41 41 — Lisboa.

BORRACHAS

— **Quimicor**
R. Sociedade Farmaceutica, 3 — Lisboa.

FELTROS

— **FANAFEL — Fábrica Nacional de Feltros Industriais**
Estrada de S. João — Ovar

LUBRIFICANTES

— **B. P.**
— **Mobil Oil**

TÊXTEIS

— **FANAFEL — Fábrica Nacional de Feltros Industriais, Ld.ª**
Estrada de S. João — Ovar.

LIVROS TECNICOS

— **TÉCNICA**

Avenida Rovisco Pais — Lisboa
Tel. 77 54 49

MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

— **DAMPA — Bell's e Comp., Ld.**
Av. Padre Manuel da Nóbrega. 13-B — Tel. 71 44 10 — Lisboa.

— **RENOR — Renoluz**
R. D. Estefânia, 155-C.
Tels. 53 77 54 - 23 57 49 — Lisboa.

AÇOS ESPECIAIS

— **A. Johnson & C.ª (Portugal), Ld.ª**
P. José Fontana, 11-1.º — Lisboa — Tel. 4 79 64 - 4 79 93 - 4 79 97.
R. Dr. António Granjo, 160/168-Porto-Tel. 5 46 69

— **Companhia Portuguesa de Trefilaria**
R. do Instituto Industrial, 18-1.º, Dt.º — Lisboa
Tel. 67 12 24/5.

— **Companhia Portuguesa de Fornos Electricos**
L. S. Carlos, 4-2.º

— **Heliaço**
R. S. Julião, 41-4.º — Tel. 36 78 17 — Lisboa.

BETÃO

— **Companhia Portuguesa de Trefilaria**
R. do Instituto Industrial, 18-1.º, Dt.º — Lisboa
Tel. 67 12 24/5.
Lisboa 1

— **Heliaço**
R. S. Juliã, 41-4.º — Tel. 36 78 17 — Lisboa.

— **Sociedade Portuguesa CAVAN**
R. de D. Estefânia, 94-A — Lisboa — Tel. 4 78 12 e 5 01 29.

CIMENTOS

— **CIBRA — Cimentos Brancos**
Tv. do Corpo Santo, 15 — Lisboa — Tel. 32 04 64.
R. do Bonjardim, 205 — Porto — Tel. 2 57 79.

— **Empresa de Cimentos de Leiria**
R. Braamcamp, 7 — Lisboa — Tel. 5 91 61/66.

— **Secil**
R. do Comércio, 156 — Lisboa 2 — Tel. 32 82 01/2/3

MATERIAL DE ESCRITÓRIO

— **A. W. Fabel-Castel**
Iberex — Av. D. Carlos I, 132 — Lisboa.
Tel. 66 47 47 — 66 36 56.

MOTORES DIESEL

— **C. Santos, Ld.ª**
29, Av. da Liberdade, 41 — Lisboa.
— 160, R. de S. Catarina, 168 — Porto.

Empresa de Sondagens e Fundações

TEIXEIRA DUARTE, L.DA

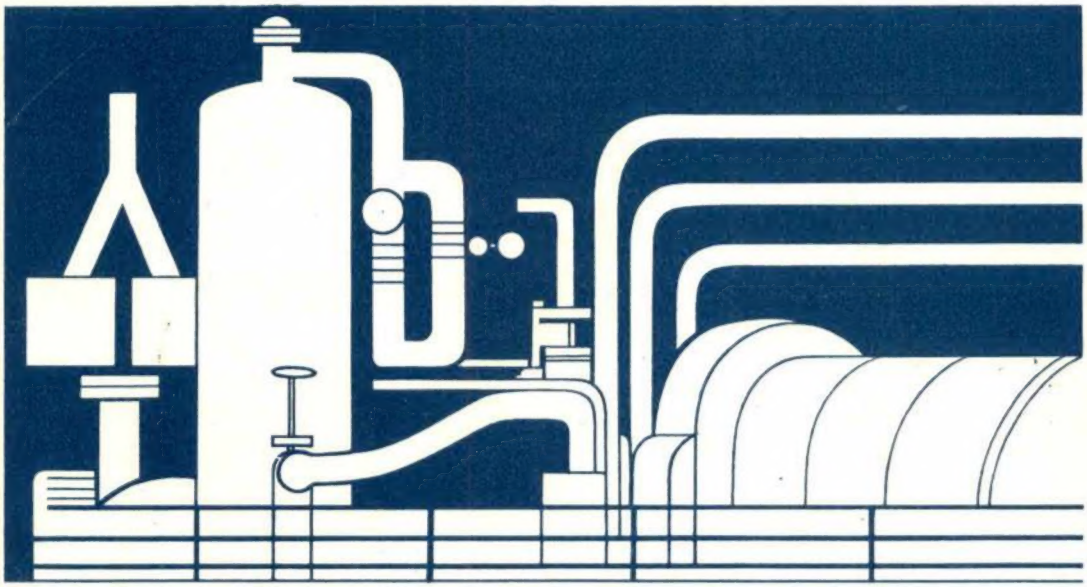
PR. DA FIGUEIRA, 18. 3.º
TELEF. 36 27 95

LISBOA

Offset de
Armeia & Moreno, Lda.

MOBIL AO SERVIÇO DA ECONOMIA

Contribuindo para o Desenvolvimento Industrial do País, a Mobil Oil Portuguesa ocupa um lugar de importância única, comprovada pelos serviços que tem prestado desde a sua fundação - há mais de 60 anos na lubrificação dos maiores empreendimentos da Indústria Nacional.
Por ter sido a primeira Companhia Petrolífera que se estabeleceu em Portugal, a Mobil orgulha-se de ser constantemente preferida para servir a Indústria, desde os grandes complexos fabris até à mais pequena oficina.
Servindo bem a Indústria, a Mobil está na base de um maior rendimento fabril e, portanto, de uma melhor productividade ao serviço da Economia Nacional.



Mobil

ECONOMIA SERVIÇO

Mobil Oil Portuguesa